# GRAĐEVINAR

10

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XV LISTOPAD 1963

9553

# »GRAĐEVINAR«

**GOD. XV** **Br. 10**

SADRŽAJ



---

## SURADNICI!

**OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU I UREDNIKU**

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuju unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autora; fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje; popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijetanciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta; jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

**Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.**

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

 — Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 38-114 — Tek. račun kod NB Zagreb 400-181-603-116

Tisak »VJESNIK«, Zagreb

# »GRAĐEVINAR«

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

**ZAGREB**

BERISLAVIĆEVA 6

Telefon 38-114

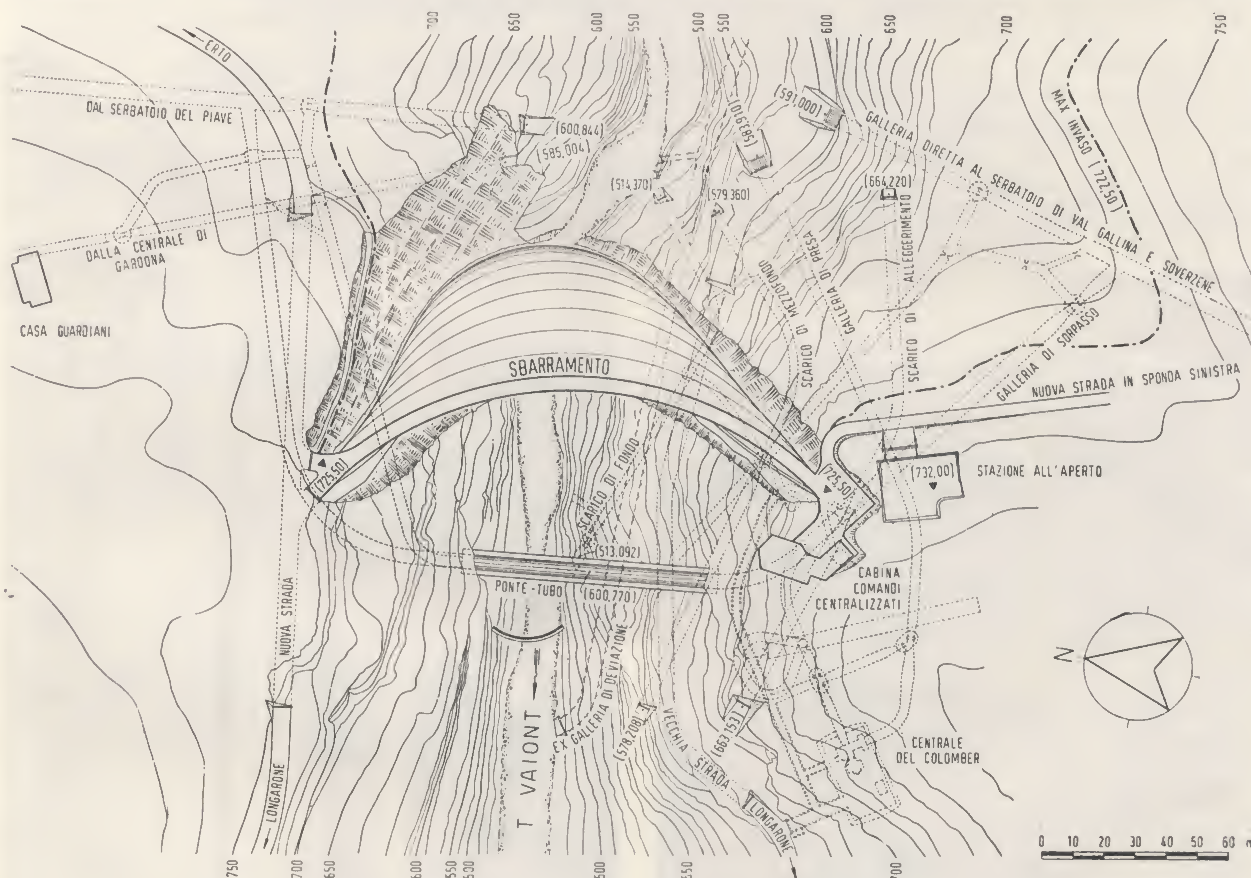
Tekući račun 400-181-603-116

GRAĐEVINAR

GOD. XV LISTOPAD 1963. Br. 10

# POVODOM KATASTROFE NA VAJONTU

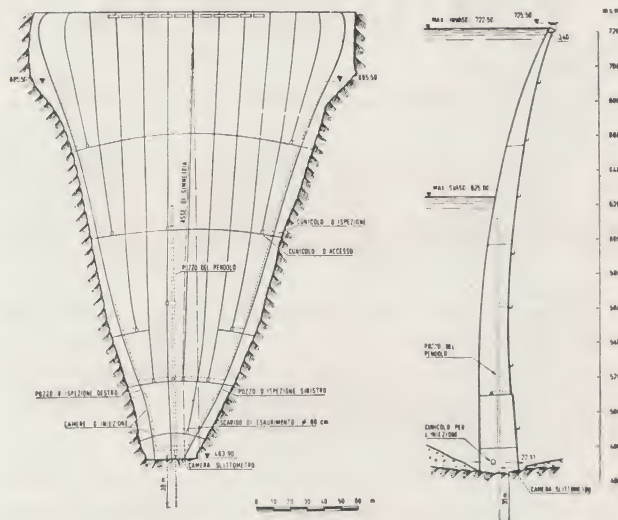
U noći između 9. i 10. listopada ove godine srušio se dio brda Toc u akumulaciono jezero Vajont, u sjevernoj Italiji. Uslijed toga izbačena je voda iz skoro punog jezera na okolne padine i preko brane. Strašna nesreća koja je zadesila dolinu Vajonta i Piave može se ubrojiti u među najteže koje su nastale kao posljedica izgradnje hidroenergetskih postrojenja.




*Situacija brane i njeni presjeci*

Brana Vajont sagrađena je u veoma uskoj klisuri od dolomitnih vapnenaca. Okomite litice, visine skoro 300 m, omogućile su zatvaranje klisure veoma vitkom i ekonomičnom lučnom betonskom branom, visine 261,5 m. Ona nosi rekord na svijetu kao najviša lučna brana. Dužina na kruni je 190,5 m a tetiva je duga 169 m. Zapremnina brane iznosi 353.000 m$^3$, debljina srednje konzole na kruni je 3,4 m, na dnu 22,1 m. Kota maksimalnog uspora je 722,5 m nad morem, zapremnina jezera iznosi 150 milijuna m$^3$, a direktno slivno područje iznosi 62 km$^2$. Pregradno mjesto u duboko urezanoj klisuri morfološki je veoma pogodno za građenje visoke i vitke lučne brane od betona.

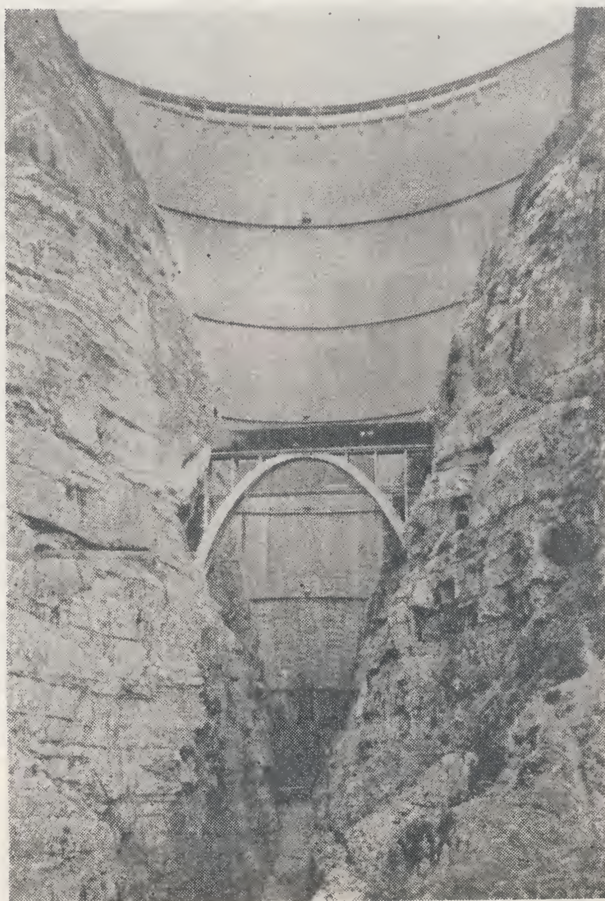
Već se prije građenja brane znalo da je cijela dolina rječice Vajont bila nemirna i stalno u kretanju, i prije početka radova na kopanju temelja brane konstatirano je, pomoću prezicnih seizmografa, niz mikroudara. Kad je stijena bila zasječena iskopom za fundiranje brane, nastali su gorski udari kao posljedica naglog oslobađanja koncentriranih napona u stijeni bokova klisure. Fotoklinografima je također ustanovljeno da su se bokovi za vrijeme kopanja temelja pomjerali, jedan u uzvodnom a drugi nizvodnom smjeru. Da bi se osigurali temelji — usidrena je stijena pomoću predna-



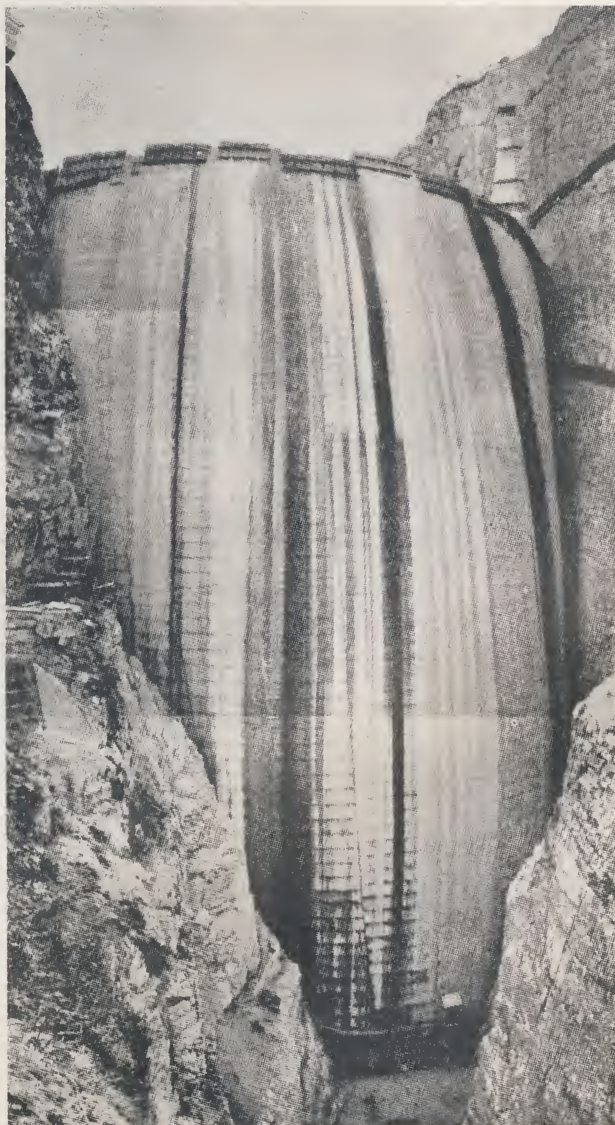
Situacija brane i njeni presjeci

petih čeličnih zatega. Ukupno je ugrađeno oko 300 zatega, dubine oko 50 m, koje prenose sile od po 50 do 200 t svaka. Statički račun brane izveden je po više metoda radi komparacije najnepovoljnijih rezultata. U Institutu za ispitivanje konstrukcija (ISMES) u Bergamu ispitano je više modela brane, od kojih dva u mjerilu 1 : 35. Ustanovljeno je da su maksimalni tlačni naponi betona do 65 kg/cm$^2$, dok su vlačni naponi minimalni.

Brana je sagrađena između 1956. i 1960. god. uz strogi nadzor stručnjaka; ona je nakon građenja detaljno pregledana i preuzeta. Njezino je ponašanje bilo pod trajnom kontrolom, pomoću veoma komplicirane instalacije instrumenata, koji registriraju deformacije i napone u brani i njenoj okolici. Sva su mjerenja centralizirana u posebnoj kabini, do koje se podaci s pojedinih instrumenata prenose električnim putem. U branu je ugrađeno oko 300 instrumenata, od kojih 140 za mjerenje deformacija u stijeni oko temelja. Nekoliko je instrumenata postavljeno i za mjerenje smicanja stijene u bušotini dubine 30 m. Na brani su za promatranje primijenjene i neke nove metode i instrumenti, kao seizmografska stanica, fotoklinografska stanica, ekstenzometri za mjerenje napona u zategama i optički vertikalni kolimator.



Pogled na branu za vrijeme građenja



Brana Vajont s nisvodne strane

Danas se postavlja pitanje, kako se moglo deseti da upravo taj okjekt, ponos talijanske tehnike, rekorder visine među lučnim branama na svijetu, izazove katastrofu, koja se može mjeriti još samo s nesrećom na brani Johnstown u USA, godine 1889, kad je poginulo oko 4000 ljudi. Postavlja se pitanje, tko je kriv za tu katastrofu. Projekt brane i akumulacije izradili su najpoznatiji talijanski specijalisti, inženjer C. Semenza i geolog Dalpias (obojica su umrli pred nekoliko godina). Projekt je odobren i od mjerodavnih organa vlasti. Bilo je, međutim, inženjera i geologa, koji su smatrali da se na Vajontu ne može sagraditi takva visoka brana.

Klisura u kojoj je sagrađena brana, mlada je geološka formacija. Stijena od koje se sastoje litice klisure detaljno je isipitana. Ustanovljeno je da se na nju mogu prenijeti sile reakcije brane. Ali čitava klisura i brda oko nje još nisu prekaljeni od vremena, ona još nisu prošla sve geološke kataklizme koje im daju pečat inertne stabilnosti egipatskih piramida. Na izgled intertna i mirna, stijena je bila živa i nervozna, ona je u većem dijelu bila na granici stabilnosti. Detaljna su mjerenja pokazala, da se širina klisure mijenjala već zbog promjena temperature. Pod normalnim uvjetima kojima je klisura bila izložena kroz eone sporadično je negdje pao blok ili se odronila veća masa stijene, ali su ta brda bila za ljudska mjerila mirna. I trebalo bi da prođu daljnji mileniji pa da pod njihovim uticajima stijene s litica klisure postepeno padnu u korito, da se nagibi bokova ublaže i da padine klisure postanu stvarno stabilne.

Ostvarenjem brane i jezera iza nje, izazvana je nagla i temeljita promjena prirodnih uvjeta, postojeće, makar i labilne, ravnoteže klisure i okolnih padina. Akumulirana voda prodrla je kroz pukotine u dubinu brda i izazvala promjene čvrstoće, napona u masivu i njegove ravnoteže. Već u vrijeme građenja nastali su u okolini uzvodno od brane manji odroni s brda Toc. Pred nekoliko godina primijećeno je novo veliko klizanje lijevog brda, koje je prijetilo da zaspe jezero i prekine prirodni tok vode do strojarne u Soverzene. Tada je zabranjeno punjenje jezera iznad određenog nivoa. Produžen je odvodni tunel u desnom boku da bi se uzvodni i nizvodni dio akumulacije međusobno povezali ako bi se mase s brda srušile u jezero, i da bi se tako omogućilo njegovo pražnjenje i iskorištavanje vode. Detaljna su promatranja pokazivala, da je stabilnost poremećene padine bila manja kad je voda u jezeru bila na višem nivou. Kad je jezero bilo prazno, padina je bila mirnija, pokreti su bili jači kod višeg vodostaja.

Unatoč tome, ove jeseni, vlasti su dozvolile punjenje jezera do projektirane kote uspora. Ubrzo je, međutim, primijećeno da se ravnoteža brda Toc opasno poremetila, pa je naređeno forsirano pražnjenje vode iz jezera, da bi se spriječilo prelijevanje vode preko brane, ako bi masa kliznula u jezero. Računalo se s mogućnošću da se u jezero sruši masa od oko 50 milijuna m³ i za toliko je bilo ostavljeno slobodnog prostora. No sasvim nenadano, u noći 9. listopada, srušila se u jezero velikom brzinom znatno veća masa, digla je vodu daleko iznad krune brane, pa se užasnom snagom

*Zatrpano akumulaciono jezero iza brane*

prolomila u dolinu preko brane ogromna masa vode, koja je pod sobom raznosila tlo, rušila sve na što je naišla i za sobom ostavila debeli talog od stijenja, zemlje, blata i ruševina. Za tren oka nestalo je 2500 nedužnih zaplašenih ljudi i sve što im je pripadalo, voda je za sobom ostavila pustoš. Taj je veliki odron brda stvorio prirodnu branu visoku oko 350 m iznad kote uspora, neposredno uzvodno od betonske brane. Ona je podijelila jezero na dva dijela. Radi toga pojavljuje se niz problema, kao što je pitanje erozije nasute mase kad se voda u preostalom dijelu akumulacije digne i počne prelijevati, pitanje djelovanja filtracije vode kroz tu masu, njenog erozionog djelovanja u unutrašnjosti mase, i slična. Svi su ti problemi u vezi s mogućnošću da betonska brana bude ugrožena pritiskom srušenih masa koje mogu krenuti i nasloniti se na branu. Vjerojatno je da će se morati produžiti postojeći tunel, da bi se otvorio novi zahvat vode iz preostalog dijela jezera iza zatrpanog prostora i na taj način omogućiti pražnjenje akumulacije i sniženje nivoa vode iza odrona.

Brana nije pretrpjela oštećenja, osim na gornjem rubu uz preljev. To svjedoči da solidno projektirana i izvedena lučna brana može izdržati i najteža nepredviđena opterećenja.

Svijet je konsternirano slušao izvještaje o katastrofi na Vajontu i odmah se glasno postavilo pitanje o odgovornosti pojedinaca i organizacija za tu nesreću. Vlasti su naredile strogu istragu i sigurno je da će se ona provesti savjesno i svestrano. Stručna je javnost manje zainteresirana za pitanje krivice i krivaca. Za svakog je stručnjaka, koji se bavi rješavanjem sličnih problema, od naročitog interesa da se — u toku istrage i proučavanja uzroka katastrofe i neuspjeha jednog veličanstvenog tehničkog zahvata — rasvijetle problemi koji ili nisu bili uočeni ili im se u toku studija i projektiranja nije davalo dovoljno važnosti ili težine. U tom bi smislu stručni rezultati istrage morali dobiti najširi publicitet. Kadgod se rješenja tehničkih problema temelje na ekstrapolaciji dotadašnjih rezultata teorije i iskustva, mogu se očekivati i neugodna iznenađenja. Stoga pozitivna i negativna iskustva na ostvarenim projektima služe produbljenju i unapređenju našeg znanja.

Sličan je slučaj, na drugom području, bio pionirski rad konstruktera firme De Havilland na uvođenju brzih aviona na mlazni pogon za civilni zračni saobraćaj. Nakon nekoliko neobjašnjenih katastrofa s novim velikim avionima Comet I, oni su pred oko 10 godina povučeni iz prometa. No, uzroci nesreća su proučavani do u najveće tančine i uspjelo je ući u trag greškama koje su nastale u konstrukciji zbog nedovoljnog iskustva s detaljima naprezanja i s efektima velikih brzina na velikim visinama na trup aviona. Zahvaljujući dobivenim rezultatima, mlazni se avioni danas kreću na svim velikim zračnim putevima s velikom sigurnošću.

Brana i akumulacija Vajont bili su, također, ekstrapolacija bez presedana.

Nema utjehe za žrtve katastrofe i za postradali kraj. Ostaje nam jedino još nada da će katastrofa Vajonta ubrzati svestrano proučavanje osobina stjenovitih masiva. Da će nakon te katastrofe svi stručnjaci, mjerodavni za projektiranje i građenje hidroenergetskih postrojenja, interpretirati rezultate ispitivanja stjenovitih masiva s mnogo više opreza i skepticizma, gdjegod postoji i najmanji trag sumnje, naročito u slučajevima gdje se moraju ekstrapolirati već stečena i provjerena iskustva, i da ćemo tako moći graditi nove velike objekte bez straha od neugodnih iznenađenja i bez opasnosti od sličnih katastrofa.

# NEKOLIKO KLIZIŠTA NA CRNOGORSKOM PRIMORJU

**Branislav Đerković**, Sarajevo

## Uvod

Na Crnogorskom primorju kao i u njegovom zaleđu nalazi se nekoliko aktivnih klizišta koja su nejednaka i po svojim dimenzijama i po stupnju mobilnosti. Način njihovog manifestiranja skoro je identičan zato što je odnos geoloških slojeva koji stvaraju mogućnost kliženja približno isti bez nekih bitnih razlika. Sva ova klizišta, o kojima će biti riječi, pokazala su posljednjih godina znakove nemirnosti, ugrožavajući trupove automobilskih puteva, pojedine komplekse zemljišta kao i jedan zaseok.

S obzirom na dinarsko pružanje geoloških formacija, ova klizna tijela raspoređena su u dinarskom pravcu na potezu od Ulcinja do Budve. Neka od njih aktivirana su zbog građevinskih radova koji su se obavljali u njihovoj neposrednoj blizini. Od svih ovih klizišta najveće je ono koje se nalazi u selu Brkani, iznad automobilskog puta Bar—Ulcinj i koje ugrožava jedan veći dio terena. Nedaleko od njega nalazi se jedno fosilizirano klizište u zaseoku Mahala — Lisice također dosta veliko po svome obimu. U selu Dobra Voda, na automobilskom putu, ima jedno manje klizište koje ugrožava jedan dio puta koji tuda prolazi za Ulcinj.

U okolini Bara u selu Sustašima postoji klizište koje permanentno nanosi štete jednom malom dijelu automobilskog puta Bar—Virpazar.

Klizište u selu Velembusima, iznad Starog Bara, po obimu je malo jer je debljina pokrenutog dijela kod ovog klizišta neznatna.

Među veća klizišta ubrajamo i klizište koje se nalazi kod novog tunela Ratac nedaleko od Sutomora.

Ono se pruža paralelno s osi automobilskog i željezničkog puta Bar—Sutomore. Pored ovih većih kliznih žarišta postoje i manje pojave otkidanja slojeva na putu Budva—Cetinje. Iako male, one nanose štete rušeći propuste i manje mostiće kao i pojedine dijelove puta.

U zaleđu ovih terena, gdje se javljaju navedena klizišta, nalazi se jedno od jačih klizišta u selu Brijegi na novom putu koji vodi za Petrovac n/m.

Pored detaljnog geološkog popisa u ovom osvrtu bit će opisani osnovni uzroci kretanja ovih pokrenutih masa.

## Uzrok i mehanizam kretanja

Jedan od glavnih i osnovnih elemenata koji djeluje na otkidanju masa jeste podzemna i površinska voda. Najjače njeno djelovanje osjeća se u ispucanim i izmjenjenim stijenama koje su zbog raznih geoloških faktora postale propusne i na taj način se omogućio lakši rad površinskoj i podzemnoj vodi. Kada se voda slije i dođe do kontakta fliša (stijena fundamenta) i rastrošenog sloja, umanjuje se unutrašnje trenje, gubi se kohezija, mijenja se specifična i zapreminska težina, a s tim se povećava i težina gornjih dijelova i zato neke partije počinju da se kidaju i stropoštavaju. (Sl. br. 1.) Sve te glinovite stijene pod uticajem vode mijenjaju strukturu, a time se mijenjaju i fizičko--kemijska svojstva tla. Raskvašeno tlo rastresitog sloja se iskida, zatim nastaje kretanje i odvajanje od podloge koja je igrala ulogu prigušivača, odnosno svojim trenjem spriječava njihov hod i kidanje. Kada su te mase nenakvašene vodom, one imaju svoju kohezionu moć. Međutim, ta moć rapidno opada zbog gore navedenih faktora koji nejednako razaraju i rastvaraju pojedine dijelove u heterogenom sloju. To povećanje vlažnosti smanjuje koeficijent trenja i zato je dovoljan i sasvim mali nagib terena pa da započne kidanje i pomicanje.

Kod svih ovih kliznih pojava jasno se razlikuju dva posebna dijela i to stijene podine (Sl. 1) i pokrenuti dio heterogenog sastava.

Rastrošenost i velika propusnost omogućava ablaciju površinskog sloja te voda još dublje zalazi u tijelo rastresenog sloja i zatim počinje svoj neprestani rad podlokavajući i rušeći oslonce tih masa. Taj supstrat, poslije zasićenja vodom počinje se raspadati, a najviše se raspadaju ilovače i drugi glinovito-laporoviti dijelovi. Za glinovita tla karakteristično je da nikada ne miruju. U sušnom periodu jako pucaju, a u doba većih padavina upijaju vodu i tako se slabe njihove fizičke osobine.

*Sl. 1: Odnos nepokrenutog i pokrenutog sloja*

*Sl. 2: Uzdužna pukotina na kliznoj padini*

Prvi počeci formiranja puteva za vodu jesu male ešalonirane pukotine koje nastaju još za vrijeme velikih suša. One se kasnije ispune vodom, šire se i povezuju u jedan mrežasti raspored. Prije nego što se formiraju pukotine, razne denudacione sile odnose površinski materijal u dijelove gdje će imati konstantnu ravnotežu, tako da te sile utiču mnogo na morfologiju padine modelirajući je u obliku raznih mikro-genetskih pojava.

Udrugoj fazi, kada su se već formirale manje i veće pukotine, voda počinje da prenosi u dublje dijelove sitne čestice koje zatvaraju odvode i nastaje totalno zasićenje donjih dijelova, tako da se stvara klizni sloj i tu je glavni pokretački impuls svih ovih pojava.

Iznad svih ovih kliznih tijela nalazi se veliki broj poprečnih i uzdužnih pukotina koje imaju vrlo važnu ulogu u aktiviranju i pokretanju masa. (Sl. 2).

Na ovom terenu kolebanja temperature prilično su velika i to su prvi faktori koji utiču na stvaranje sitnih pora i pukotina u stijenama. Razlika od minimalne do maksimalne temperature dosta je velika i kreće se od —5 do +40.

Pored insolacije na raspadanje stijena i njihovo brže rastvaranje utiču i različite humusne kiseline koje dolaze površinskom vodom iz humusnog pokrivača.

Veoma je važan momenat potpune, zasićenja donjih dijelova sa podzemnom vodom i kada sloj ne može više da primi vodu, ona počinje da se kreće po zakonu kapilarnosti u pravcu površine. Tako i gornji dijelovi počinju bivati sve plastičniji zbog dvosmjernog nakvašavanja i zato dolazi do

prebacivanja masa, kidanja i kliženja niz padinu. To je jedan od najvažnijih faktora koji je ustvari glavni pokretački elemenat svih klizišta na ovom terenu. Na svim ovim klizištima nema nigdje klasičnog primjera kretanja, iako se unutar samog tijela može naići na slučajeve da iznad čvrstih pješčara leži sloj gline koja se raskvasi pa krečnjački blokovi, koji leže iznad gline, počinju svoj hod niz strminu kliznog tijela. To su samo male oazice unutar tijela koje su neznatne u odnosu na ostale faktore koji prouzrokuju kliženje ovih slojeva. S obzirom da stijene fliša predstavljaju nepropustan dio, iznad njih se zadržava voda, stvara se jedan mali fluidni kašasti sloj, tako da se i najmanji teret iznad njega ne može zadržati već se kreće i kida. Ta vlastita težina rastresenog sloja, koji se nalazi iznad fliša, ne nailazi na dovoljno trenje, odnosno unutrašnji otpor i zato nastaju takve pojave. Znači da su kohezione sile mnogo slabije od sila adhezije. Sva ova klizišta nanose prilične štete i ona iz dana u dan postaju veća jer se i materijal pod uticajem vanjskih sila raspada i stvara uslove za ovakav način razaranja terena.

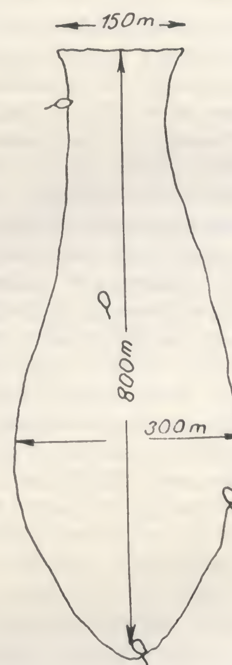
Iz svega se vidi da su ove klizne pojave nastale zbog površinskih i podzemnih voda. Budući da proces zasićenja traje dugo, kretanje ovih masa dešava se u intervalima i neka mjesta u samom klizištu bivaju jače iskidane zbog toga što se voda u nekim dijelovima klizišta više zadrži i zasiti pojedine dijelove klizišta. Geološki sastav terena, gdje se javljaju klizišta, povoljan je za zadržavanje vode, a samim tim i za stvaranje skliznog raskvašenog dijela. Na nekim mjestima, na primjer u selu Dobroj Vodi, veliki dio vode nekontrolirano natapa teren jer mještani navodnjavaju svoje njive za vrijeme sušnih mjeseci. Slivanje vode sa krečnjačkih padina, koje leže iznad nekih klizišta, prilično je obimno i zato je dosta teško regulirati priliv vode prema ovim lokalnostima gdje su izražena klizišta.

Pojedini bujičasti potoci igraju također značajnu ulogu u aktiviranju ovih zona, jer oni svojim radom podlogavaju strane raspadnutog sloja koji se ruše i tako se to navezuje i nastavlja po dužini čitavog kliznog tijela.

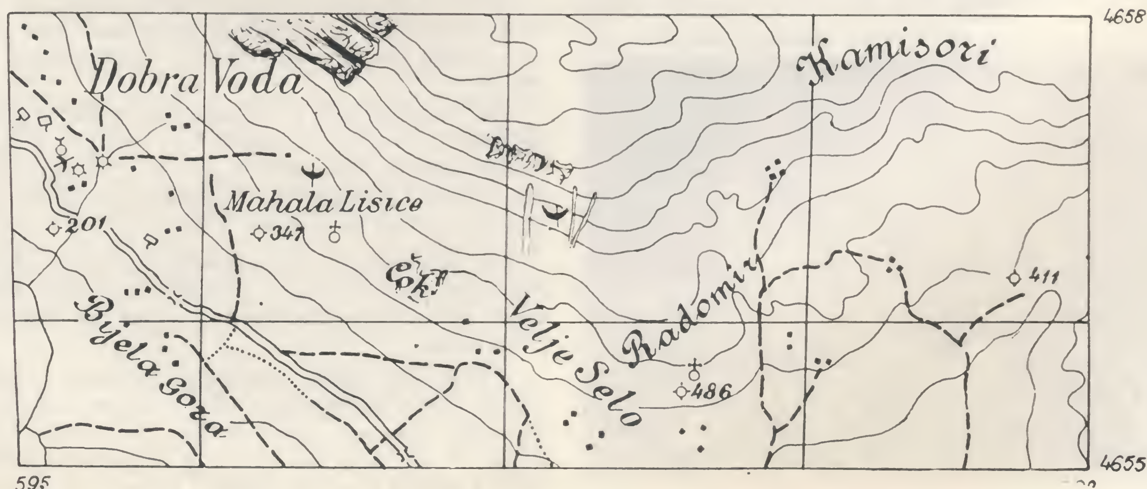
Pored vode glavna pokretačka snaga leži još i u osulinama i velikim otkinutim blokovima koji svojom težinom još više pritiskuju pojedine dijelove detritičnog sloja i potiskuju ga u pravcu gravitacionog kretanja niz padinu.

### Klizište Brkani

Među veća klizišta navodimo ono koje se nalazi u selu Brkani i koje je udaljeno od glavnog puta za Ulcinj nekih 1000 metara. (Topografska skica 3). Njegov izgled je u obliku nekog ispupčenog jezika sa stepeničastom površinom koja je nastala zbog prebacivanja pojedinih masa odozgo prema dolje.




*Sl. 4: Morfološki izgled klizišta u selu Brkani*




*Sl. 3: Topografska skica R 1 : 50.000*

Njegov izgled vidi se na skici 4. Ovo je tip detruzivnog klizišta gdje kretanje masa započinje iz gornjih dijelova i nastavlja se prema padini. Samo klizište je u neposrednoj dislokacionoj liniji regionalnog tipa.

Na ovom klizištu zapažena su tri jaka kretanja. Jedno se desilo prije 80 godina, zatim 1941. god., kada je teren skliznuo za 300 metara niz padinu, računajući odozgo prema vrhu kliznog jezika. Treći put kretanje se desilo 20. oktobra 1956. god. i ono je bilo najintenzivnije tako da je tom prilikom porušeno i zatrpano nekoliko seoskih kuća kao i neki voćnjaci koji su bili iznad pokrenutog zemljišta. (Sl. 5.)

Posljednje kretanje zbilo se u dva dana uz veliku tutnjavu kao i preturanje gornjih slojeva, tako da se danas na samom tijelu klizišta jasno razlikuju strmi i zaravnjeni dijelovi. Masa koja se na ovom mjestu kreće nije podjednako debela i najveća njena debljina iznosi oko 30 m, dok su ostale dimenzije širina 100, dužina 200 metara što se vidi iz priložene skice (Sl. br. 4.). Klizište se nalazi iznad eocensko-oligocenskog fliša koji pada u pravcu SI, pod uglom od $35^0$. U sastav fliša ulaze glinci, pješčari, laporci, lapori kao i manja sočiva brečastog numulitkog krečnjaka. Dio koji se kida sastavljen je od raznih krečnjačkih i dolomitskih osulina, manjih i većih blokova zemlje, komada pješčara, gline i raznih drugih odlomaka od stijena koje leže iznad samog klizišta. Kada različit materijal prožme voda, nastaje nejednako kvašenje i zato se one partije u kojima ima više glinovitog materijala prekidaju, jer se krečnjački blokovi uvaljani u takav materijal brzo odvoje od podloge i različito se ponašaju.

Iznad klizišta nalazi se jedan veliki odron odakle je teren počeo da se odvaja. (Profil 6).

Odron iznad klizišta iznosi cca 100 metara i predstavlja glavnu uzdužnu pukotinu odakle je počelo prvo kretanje gornjih partija. U tom kretanju gornji higroskopni sloj je u sebi formirao i nekoliko lokvi gdje se sakuplja voda koja pothranjuje i dalje podstiče mase na klizanje. Veoma veliko

*Sl. 5: Zatrpana kuća zbog nadolaska kliznog sloja*

Legenda:

1. Srednje trijaski ubrani krečnjak
2. Melafiri
3. Ladinsko-karnijski krečnjak
4. Eocensko-oligocenski fliš
5. Heterogeni sloj

----- Klizište pre glavnog odrona

*Sl. 6: Poprečni geološki profil klizišta Brkani*

opterećenje na gornji sloj dolazi od necementiranih osulina i nagomilanog kamenja koje se stalno kida sa strmih krečnjačkih padina planine Lisinja. Velike mase materijala ispiru se s ekshumiranog reljefa gornjih krečnjačkih zona i talože niz pojedine vododerine i blaže uvale na terenu.

Ispod gornjih rastresitih dijelova u samom kliznom tijelu može se naći pojas koji je manje zasićen i sporije se kreće zbog nekog otpornijeg dijela koji se odupire gornjim otkinutim slojevima i zato na ovom klizištu imamo dijelova sa većim i manjim ispupčenjem.

Važno je napomenuti da su se poslije sklizanja terena pravci podzemnih voda izmijenili težeći da zadobiju isti smjer. U tom traženju starih pravaca voda ponovo aktivira i kreće nove dijelove unutar ovog kliznog tijela. Kod ovog klizišta nemamo fiksnu kliznu površinu, jer sastav terena ne dozvoljava njeno formiranje zbog čega imamo nepravilno izražena manja i veća ispupčenja. Dobiva se utisak da je podzemni reljef tj. klizna zona blago zatalasana što je posljedica geološkog sastava terena .Kada prevladava pješčarski sloj, onda on zadržava gornji pokrenuti dio. Zato iznad takvog sloja imamo najveća ispupčenja, dok se iznad glinovitog-laporovitih partija stvaraju udubljenja, jer se tu kretanja obavljaju lakše i jednostavnije.

Pored glavne pukotine, koja se jasno vidi, postoji i niz poprečnih i uzdužnih koje su iskidale čitavu ovu masu. Sa strane klizišta tj. duž bokova kliznog jezika, vide se linije kontakta otkinutog sa nepokrenutim dijelom. Okolo klizišta, kao što se iz priložene skice vidi, nalazi se nekoliko manjih izvora koji konstantno natapaju taj dio ,a jedan mali izvor nalazi se na samom vrhu kliznog jezika.

Kako isto klizište nema oslonca u svojoj nožici, ono će se i dalje kretati, a čitava klizna masa orijentirana je prema jednoj većoj jaruzi koja je uslovljena jednim flišnim mikro-oblikom. U pogledu njegove aktivnosti čitavo tijelo klizišta može se podijeliti na dva dijela: gornji dio koji je vrlo aktivan i srednji dio u kome je najveća debljina pokrenutog sloja. Sudeći po izgledu ova dva dijela, može se reći da će središte klizišta ubuduće biti mnogo aktivnije s obzirom na veliku debljinu pokrenutog dijela kao i vodu koja se nalazi iznad njega i koja stalno pospješuje njegov hod. Ovo je tip detruzivnog klizišta, i kada naprezanje zbog vlastite težine nadvlada unutrašnje prepreke, onda masa počinje da klizi. Česte šupljine u masi predstavljaju neku vrstu kapilarnih cijevi u kojima se voda kreće pod uticajem kapilarnih sila u smjeru suprotnom gravitaciji. Na taj način se vrši prožimanje i kada raskvašenost dostigne granicu tekućine, tada se zemlja počne slivati kao kaša.

Proslojci pješčara služe kao provodnici vode prema donjim partijama, tako da voda uništava koheziju u dubljim dijelovima .Sudeći po geološkom sastavu tla, pružanju slojeva kao i njihovom padu, ovdje ne bi trebalo očekivati nikakva klizišta, ali mnogi već navedeni elementi doprinose stvaranju nestabilnih zona. Slojevi fliša često su terminalno povijeni i na tim povoljnim dijelovima, kada se nagomila više materijala dolazi do kidanja onih partija koje su povijene zbog tereta krečnjačkih blokova i drugog.

S obzirom na nereguliranost podzemne vode predviđa se i dalje kretanje ovog dijela, ali poduzimanjem nekih asanacionih mjera, o kojima će biti kasnije riječi, ono bi se moglo donekle umiriti.

### Klizište Mahala-Lisice

Ispod krečnjačkih padina planine Lisinja nalazi se jedno stabilizirano klizište, dosta veliko i po dužini i po širini. Njegov položaj vidi se na topografskoj skici br. 3. Ovo klizište ima ugnuti oblik i neosjetno prelazi u donju blagu padinu terena. Zahvaljujući dosta velikoj vegetaciji, ono je za sada u fazi mirovanja i dalje stabilizacije.

Na ovom mjestu zapažena su prije mnogo godina otkidanja koja pamte stariji ljudi iz ovog zaseoka, jer su ona bila snažna i čitav ovaj dio od svog matičnog mjesta spustio se za nekih 700 metara niz strmu padinu. Na njemu su se nekada nalazile seoske kuće koje su tom prilikom porušene, tako da se na ovom ugroženom dijelu nisu više ni gradile. Interesantno je da je prije jakog odronjavanja vrelo Škurta izbijalo na većoj visini tj. lijevo od sadašnjeg mjesta izbijanja. Poslije otkidanja nivo izdani se spustio i voda je prokrčila sebi put kroz nanos. Voda je stalno kvasila kontakt fliša i gornjeg raspadnutog materijala i zato je ovdje došlo do jakog kidanja. Iznad ovog klizišta jasno se ocrtavaju dva velika odrona i to jedan na kontaktu navučenog mezozoika i fliša, a drugi na kontaktu dobro cementiranih breča s osulinama i izmiješanim heterogenim materijalom. Granica pokrenutog dijela sa gornje i lijeve strane je dobro izražena, dok je u pravcu sjeverozapada kamuflirana osulinskim materijalom koji se nastavlja padinama planina Lisinja. Ovo klizište je prilično debelo i u srednjem dijelu iznosi oko 30 metara debljine. Izgled mu je u vidu trokuta čiji je vrh orijentiran prema padini.

Ogroman kompleks rastresitog materijala kao i urnijski blokovi stvaraju deponiju, tako da čitavi novoformirani dio predstavlja vrlo labilno i osjetljivo područje. Kao i kod prethodnog klizišta glavna pokretačka snaga je veliki priliv nereguliranih podzemnih voda koje se jednim dijelom gube kroz rastresiti pokrivač, dolaze do kontakta sa podinskim stijenama i izazivaju nestabilnost padine. Kada bi regulirali ovu izvornu zonu, koja se nalazi na početku samog klizišta, a na kontaktu eocenskog fliša sa krečnjacima srednjeg trijasa, onda bi ovaj dio mogao biti pošteđen od daljih kidanja iako priliv osulina stvara stalnu opasnost od mobilnosti ovog dijela (Profil 7).

Mjere, koje bi se sprovele u smislu stabilizacije klizišta, bile bi vrlo korisne jer se ono trenutno nalazi u ravnoteži, ali izvorske vode mogu ponovo uznemiriti ovaj dio.

Niže od ovog klizišta, na putu koji vodi za Ulcinj, u selu Dobroj Vodi, nalazi se jedno malo klizište koje ugrožava na odstojanju od 100 m put Bar—Ulcinj. (Topografska skica br. 3). Ono se nalazi na jednoj jaruzi i na tijelu klizišta vidi se bezbroj manjih i većih pukotina poprečnog i uzdužnog pravca. Katkada njihova širina iznosi do 0,80 cm i one su u fazi još daljeg širenja, jer preko klizišta prolazi kanal za navodnjavanje seoskih njiva.

Ovo klizište delapsivnog je tipa jer je njegovo aktiviranje u najvećem dijelu počelo u nožici. Voda je natopila gornji rastrešeni humusni sloj i s obzirom da je on sklon bubrenju, jer u sebi ima organski materijal, uslovi za kidanje su sasvim povoljni. Njegova dužina iznosi oko 100 m, a širina na gornjem dijelu oko 80 m. Gornja granica ide pored seoskog puta, zatim izbija na cestu i ide prema donjem dijelu jaruge paralelno sa njenom osi. Spriječiti ovaj dio od daljeg kliženja bilo bi moguće, kada bi regulirali dotok vode koji aktivira gornji humusni sloj iznad glinovito-laporovitih slojeva eocenskog oligocenskog fliša.

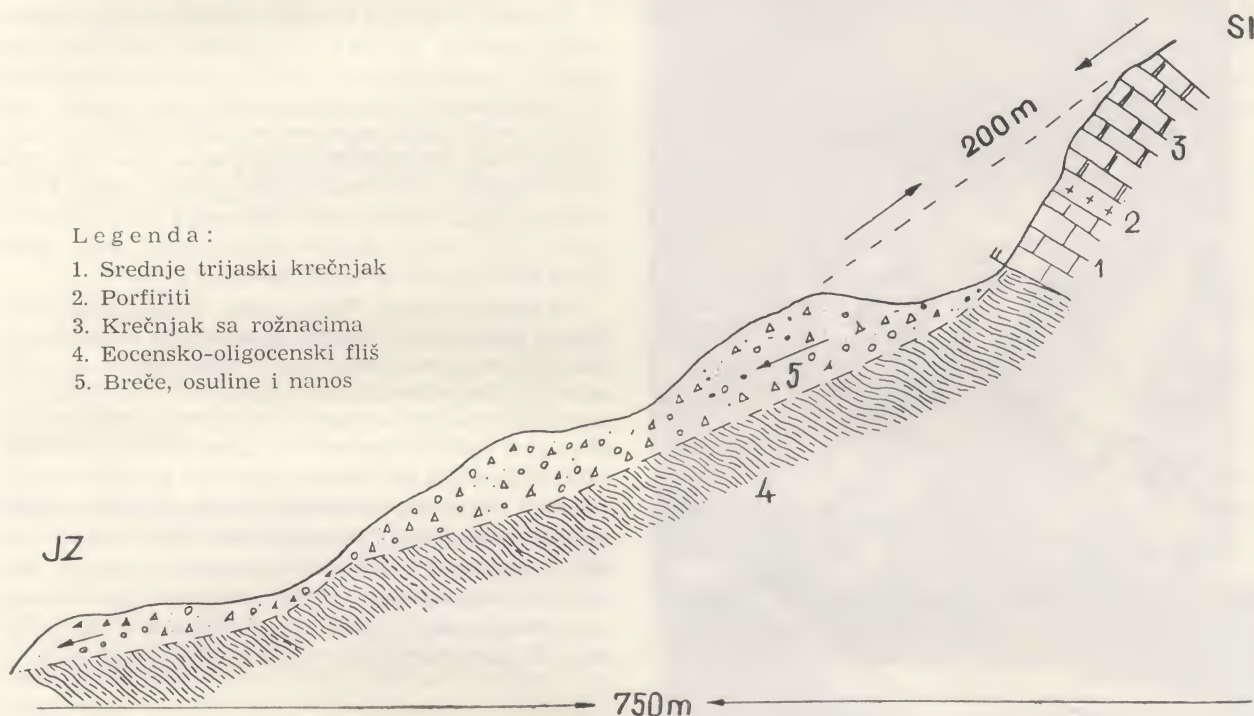
## Klizište Ratac

U blizini Novog Bara na putu prema Sutomoru nalazi se jedno veće klizište sastavljeno od četiri manja klizna tijela koja su rastavljena manjim nepokrenutim dijelovima. Ono je posljednjih godina još više aktivirano zbog građevinskih radova koji su zasjekli pojedine partije u neposrednoj blizini istog. Klizište je relativno plitko, ali dio sklon kidanju nije uvijek svuda iste debljine s obzirom da su i padinski slojevi na kojima se nalaze ove pojave sekundarno ubrani u veće i manje prijevoje, tako da se u jaružaštim dijelovima nalazi najviše naknadno nakupljenog matrijala kao što su odlomci od krečnjaka, pješčara, glina, laporaca i drugog.

Na isturenim dijelovima do jaruga nanos je manji i zato je taj dio mirniji i na njemu nema pukotina koje su uočljive na površini. U ostalim dijelovima nalazi se veći broj različito orijentiranih pukotina po kojima se vrši odronjavanje detritičnog sloja.

Osnovne stijene fliša sastavljene su pretežno od glinaca plave i zelene boje, zatim laporaca, pješčara, sitnog i krupnog zrna kao i manjih proslojaka. Iznad ovih sedimenata nalaze se slojevi krečnjaka koji se kidaju, zatim zagnjuruju i zadržavaju iznad fliša, tako da se oko njih nakupi raspadnuti materijal koji te blokove obavije u vidu nekog prstena što u trenutku priliva veće količine površinske vode stvara idealnu mogućnost kretanja ovakih izolovanih krečnjačkih blokova i odlomaka. Takve partije se teško sprečavaju od kidanja, jer otkinuto kamenje pomiješano sa raspadnutim materijalom u raznim proporcijama različitog je stupnja povezanosti i zato je ovakav izmiješan materijal nestabilan.

Klizište se pruža duž same obale i blizina mora utiče negativno na njegovu stabilnost. Ono je relativno plitko i ne prelazi debljinu više od 7 metara. Potresi koji su izazvani saobraćajem također utiču na stabilnost ovih partija. Slojevi u podini mahom padaju u pravcu SI i njihov se pad vidi pred same obale dok gornji rastresiti sloj leži diskor-




*Sl. 7: Poprečni geološki profil klizišta Mahala-Lisice*

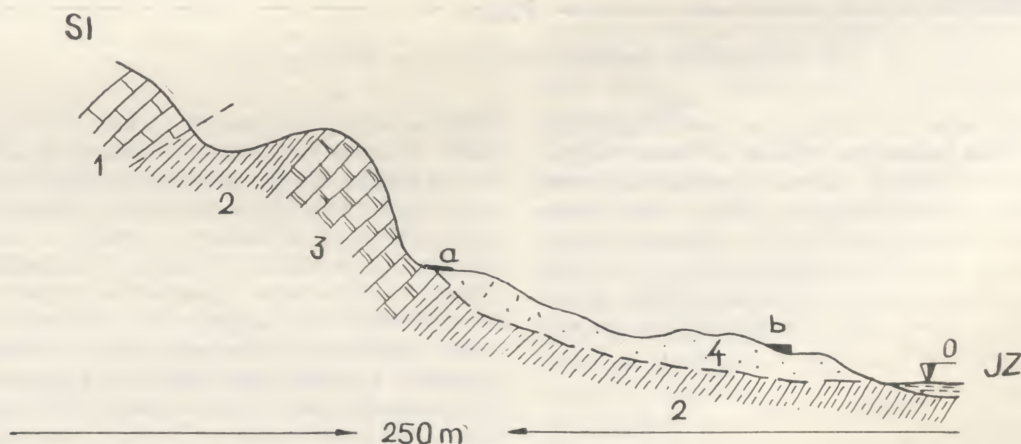
dantno iznad stijena fundamenta (Sl. 8). Na ovom kliznom žarištu mogu se razlikovati četiri dijela. Prvi dio, dug oko 100 m, nalazi se ispod tunela na nekih 50 metara od njega. Tu cesta malo krivuda, ali ovdje nema nekih većih opasnosti od jačeg kidanja. Drugi dio je dugačak oko 60 metara i nalazi se na jednoj jaruzi gdje je izraženo najveće kretanje. Tu je napravljena jedna duboka drenaža sa jednim betonskim zidom koji je fundiran na armirano-betonskim šipovima i tako je zadržao ovaj dio od daljeg kretanja.

*Sl. 8: Odnos fliša i rastresitog sloja*

U pravcu Bara nalaze se još dva manja dijela od kojih jedan iznosi 200 metara i dostiže skoro do prvih maslina prema Topolici. More svojom razaračkom snagom podstiče skidanje gornjih partija, jer se gornji sloj na velikom dijelu spušta skoro do razine mora, tako da te slojeve voda podlokava i zatim ih ruši. Odnos ova dva sloja vidi se na poprečnom profilu kroz ovo klizište. (Profil 9).

Na ovom klizištu kretanje je započelo mahom iz donjih partija, jer je i rad morske vode doprineo kidanju nekih dijelova. Granica pokretnutog dijela ide iznad ceste, zatim prati železničku prugu i završava se skoro u neposrednoj blizini ulaza u novi tunel Ratec. Površinsko vada ovdje vrlo brzo prodre u dubinu rastresitog sloja, jer su iznad željezničke pruge slojevi fliša otkriveni i oni brzo sprovedu vodu prema donjim dijelovima i tako započinje aktiviranje gornjih masa.

U blizini starog Bara u selu Velembusima nalazi se jedna manja klizna pojava koja se po svojim karakteristikama približava prethodno opisanoj samo što je malog obima i što je debljina pokrenutog dijela sasvim neznatna. Jedno veće klizište nalazi se u selu Sustašima na putu za Virpazar (Topografska skica 9). To je jedna veća partija raspadnutog i nanosnog materijala koji se nalazi iznad slojeva srednjeg trijasa. Podinu ovih slojeva čine glinci, pješčari, škriljci, bituminozni krečnjaci, rožnaci sa bentonitom i druge stijene. Iznad samog puta nataložen je veliki nanos s otpacima od bentonitskih glina tako da te dvije različite komponente



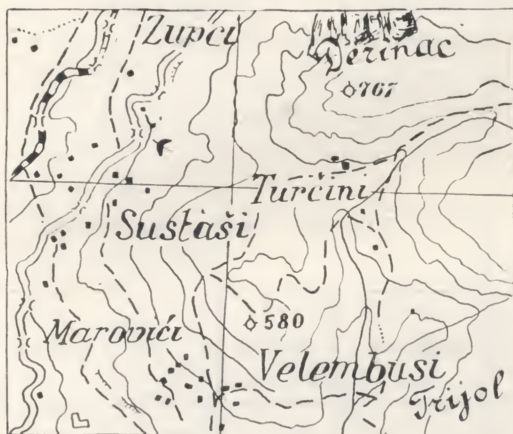

Legenda:

1. Karniski krečnjak i rožnac
2. Fliš glinac i peščar sa kalcitom
3. Tamni krečnjak neodređene starosti
4. Rastresiti sloj

a) Železnička pruga b) Automobilski put

*Sl. 9: Poprečni geološki profil kroz klizište Ratac*

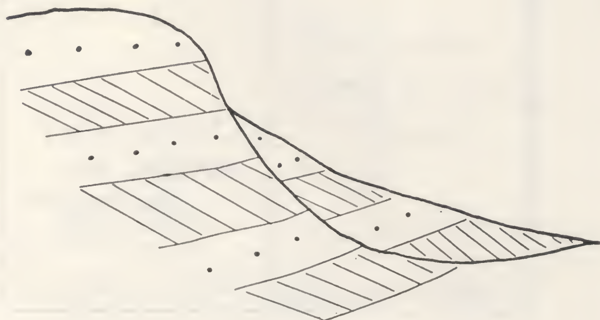
u pokrenutom dijelu različito se ponašaju. Otkidanju ovih dijelova doprinio je i poprečni potok koji za vrijeme većih padavina vlaži na nekim mjestima kontakte podinskih stijena i tako dolazi do potiskivanja puta i deformacije ovog terena.




*Sl. 10: Topografska skica R 1 : 50.000*

Debljina pokrenutog dijela iznosi do 14 metara dok se širina pokrenutog kompleksa kreće od 150—200 m. Veliki broj poprečnih i uzdužnih pukotina nagovještava mogućnost ponovnog kretanja ovog dijela. Klizište u selu Sustašima slično je ostalima po mehanizmu kretanja, jedino što ovo pripada slojevima drugih geoloških formacija.

Na putu od Budve prema Cetinju nalaze se manje pojave kidanja slojeva koje su mjestimično ugrozile automobilski put. To su pojave koje su vezane za flišne slojeve srednjeg trijasa i globotrunkanske krede. To je obično otkidanje nastalo zbog većeg nagomilavanja breča, osulina i raznog kamenja koje svojom težinom pritiskuje podinske slojeve i istovremeno ih kida. Podzemna voda i ovdje igra važnu ulogu u kvašenju flišnih slojeva i zato se stvara idealna površina za kidanje gornjih slojeva koji leže iznad raskvašenih glinovito-laporovitih partija. Na priloženoj skici vidi se da slojevi imaju pad u pravcu suprotnog otkidanja, ali je podzemna voda jedan dio toliko raskvasila da se on po jednoj liniji otkinuo i skliznuo niz prirodni nagih padine.



*Sl. 11: Otkidanje slojeva zbog raskvašenosti*

Ovakve pojave kidanja nalaze se iznad Grbaljskog polja i one su potpomognute još i sa velikim blokovima koji svojom težinom još više pomažu njihovo otkidanje.

**Klizište Baline**

Nedaleko od Virpazara u selu Brčeli (Baline), na novom automobilskom putu Titograd—Petrovac na Moru, nalazi se jedno klizno žarište koje ugrožava spomenuti put. To su po prostranstvu manja klizna tijela debljine do 7 metara na pojedinim mjestima. U mehanizmu i uzrocima kidanja ovih partija nema ništa osobito što bi ih izdvajalo od ostalih prethodno opisanih. Naprotiv, sve ove pojave imaju zajedničke i skoro istovjetne karakteristike. Kidanja su vezana za slojeve fliša koji padaju u pravcu SI dok gornji sloj pada u suprotnom pravcu. Po geološkoj starosti ovi slojevi pripadaju anizijskom katu koji je ovdje razvijen u različitim facijama. U sastav slojeva iznad kojih su razvijene klizne pojave učestvuju raznobojni glinci, glineni škriljci, pješčari, kvrgavi krečnjaci, laporci, a iznad se nalazi rastresiti dio sastavljen od manjih i većih komada nabrojanih stijena izmiješan sa humusom i raznim drugim organskim ostacima.

S obzirom na važnost održavanja puta istražno poduzeće iz Titograda izvelo je 13 plitkih bušotina u kliznim dijelovima. Gornji dijelovi puta nisu deformirani, jer se oni oslanjaju na slojeve podine čiji je pad ka SI, dok je donji dio trupa deformiran zato što su njegove potporne nožice bile utemeljene u nanosnom rastresitom sloju (Sl. 12).

*Sl. 12: Deformirani put u selu Brčali (Baline)*

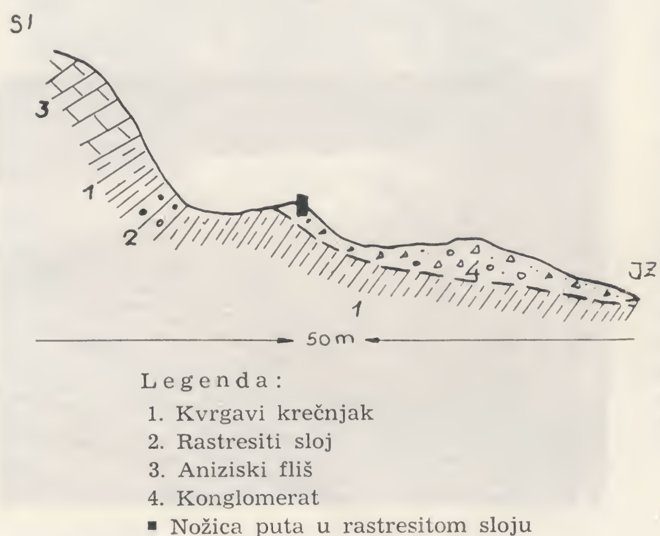
Bušenje, koje je provedeno na ovom dijelu, potvrdilo je prvi terenski dojam o uzrocima kidanja i deformiranja puta. Iznad čitavog ovog dijela nalaze se manji prolazi vode koja se cijedi na kontaktu kvrgavih krečnjaka sa glinovitolaporovitim slojevima. Voda zatim kvasi i razbija vezivni materijal između podine i detritičnog sloja. Dolazi do stvaranja pukotina i prebacivanja jednih dijelova preko drugih u pravcu padine i na taj način nastaje deformiranje puta.

Da bi spriječio uticaj površinske vode na još intenzivnije otkidanje, napravljeni su neki odvodni kanali, ali su oni plitki i ne zahvataju najglavnije mjesto gdje leži osnovni uzročnik tim pojavama.

Ovde imamo 4 klizna tijela koja su raspoređena paralelno putu u jednom pravcu na rastojanju od 500 metara, a razdvojena su manjim dijelovima u vidu bregova koji se ne kreću. Uostalom prirodno je da voda najviše kvasi jaružaste dijelove, jer se ona cijedi prema osi jaruge gdje je i debljina rastresitog sloja najveća. Oblik ovih kliznih tijela je u vidu nepravilnog jezika i njegov izgled zavisi od izgleda same jaruge. Površina im iznosi od 300 m$^2$ do 700 m$^2$.

Jedan od priloženih geoloških profila koje je za potrebe istražnog poduzeća Titograd uradio geolog M. Perović, jasno pokazuje da je dušotina B-5 u trećem klizištu na donjoj strani išla do 3,60 metara u rastresiti sloj koji se uglavnom kida i ide niz padinu. Druga bušotina je izbušena na gornjoj strani na četvrtom klizištu, kota 276,70 metara. I ova bušotina B-12 napustila je odmah slojeve fliša, jer nanosni sloj tu nije razvijen, zato ni put na tom mjestu nije deformiran.

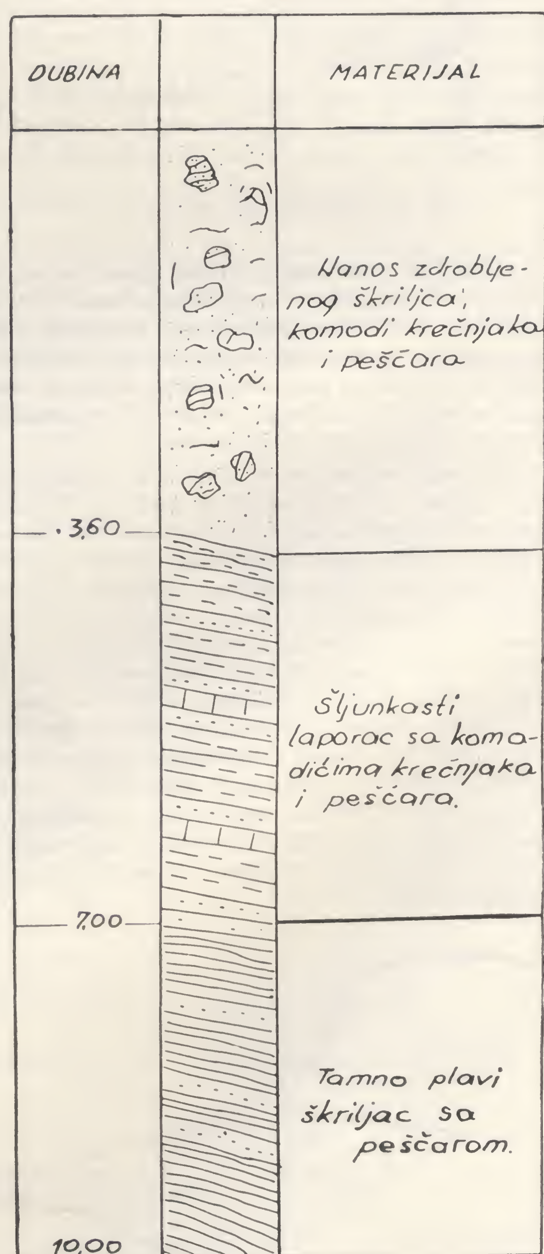
Na priloženom geološkom profilu jasno se vidi da donja nožica puta leži u rastresitom sloju zbog čega se, nemajući dobar oslonac, ruši (Sl. 13).




*Sl. 13: Poprečni geološki profil klizišta Baline*

Iz profila kao i profila bušotina jasno se vidi uzrok kretanja i kidanja gornjih dijelova terena na rajonu sela Brčeli. Postavljeni drveni šipovi povijeni su do osnovnih stijena podine i dalja kidanja na tom mjestu spriječena su, jer je momenat trenja zadovoljio i nadjačao sile gornjih dijelova. Na profilima bušotina 5 i 12 (Sl. 14) najbolje se vidi odnos slojeva koji su doveli do deformiranja puta.

Razaranje puta na ovom dijelu nastaje još i zbog smanjenja moći nošenja podloge zbog bubrenja jer gline i glinci imaju veliki kapacitet apsorpcije, skoro više nego 50% od svoje zapremine i onda nastaje veliko širenje tih dijelova, a samim tim dolazi i do deformacije puta.




*Sl. 14a: Geološki profil bušotine B-5*

*Sl. 14b: Geološki profil bušotine B-12*

**Mjere osiguranja klizišta**

Da bi se postigla veća sigurnost svih ovih klizišta o kojima je bilo riječi, trebalo bi spriječiti kvašenje klizišta i po mogućnosti zatvoriti zjapeće pukotine da ne bi voda ponirala u dubinu. Sprečavanjem dotoka vode povećalo bi se prirodno trenje unutar pokrenutog dijela klizišta. Za postizanje ravnotežnog stanja trebalo bi skinuti na nekim mjestima veliki dio zemlje, kako bi se izvršilo umirenje slojeva. Ta geostatička ravnoteža može se primjenjivati na svakom od ovih klizišta, ali je to pozano sa nizom materijalnih i tehničkih problema.

U pogledu sprečavanja daljih kretanja trebalo bi napraviti veći broj kaskada od kamena. Na taj način bi se usporilo vertikalno djelovanje površinske vode. Kopanjem drenažnih kanala do 0,50 metara obodom klizišta na nepokrenutom dijelu spriječio bi se dotok vode. Pojedine lokve i rupe, u kojima se zadržava voda, trebalo bi zatrpati. Sve ove mjere išle bi u prilog prirodnoj stabilizaciji masa. Drenažne mjere moraju biti detaljno prostudirane kako bi se sa njihovim postavljanjem spriječilo dalje aktiviranje klizišta. U smislu asanacije pojedinih klizišta trebalo bi provesti slijedeće: regulirati površinsko oticanje vode, odvesti vodu iz formiranih lokvi, regulirati podzemnu vodu, iskopati drenažne kanale, razbiti krečnjačke blokove, koji terete podinu, spriječiti navodnjavanje njiva koje se nalaze na klizištu, isterasirati klizišta i izvršiti pošumljavanje ugroženih dijelova kako bi biljke svojim korijenom armirale teren. Spomenute mjere mnogo bi doprinijele stabilizaciji ovih dijelova, a njihov izbor za pojedina klizišta zavisio bi od konkretne situacije kako bi se svakom pojedinom mjerom postigao najbolji rezultat i cilj.

LITERATURA


1. Dubeliri D. D. i Kornjejev B. G. — Izvođenje zemljinog trupa u oblasti klizišta i osulina, Beograd 1955.
2. Gumenski B. M. — Terensko istraživanje tla za građenje puteva, Beograd 1955.
3. Đerkoviž B., Dukić T. — Iženjersko geološke i hidrogeološke karakteristike terena šire okoline Sutomora, Bara i Ulcinja. Titograd 1960. (Fond geološkog zavoda, Titograd).

# ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA FILTRACIJE (DARCY) U STIJENSKOJ MASI

Ing. **Petar Anagnosti** i Ing. **Vladimir Radukić**, Beograd

## 1. Uvod

Porozna sredina obično se smatra da predstavlja tijelo koje sadrži pore — prazne prostore, šupljine koje su raspoređene u tijelu. Izuzetno male šupljine su molekularne šupljine, a veliki prazni prostori su kaverne. Pore su prema tome prazni međuprostori u tijelu, a po veličini nalaze se između kaverni i molekularnih šupljina. Pore mogu, ali ne moraju da su povezane, a kretanje vode u porama odvija se samo u onom dijelu tijela gdje su pore povezane tj. u efektivnoj poroznoj zapremini tijela.

Prirodni materijali koji se mogu ocijeniti kao porozne sredine su pijesak, šljunak, glina, porozne stijene, ispucale stijene itd.

Karakter pora u tijelu može biti veoma različit, kako po njihovom obliku, tako i po rasporedu u tijelu. Iz tih razloga svi pokušaji da se postave hidraulički zakoni kretanja vode u svakom pornom kanaliću nisu donijeli praktičan rezultat. Kao najpogodnija shema za opisivanje pojava pri kretanju vode (fluida, tekućine) kroz porozne sredine koristi se Darsyjev zakon filtracije po kome se za kruto porozno tijelo i nestlačivu tekućinu hidraulički pritisak (p) u tekućini vlada po zakonu $\triangle p = 0$ gdje je $\triangle$ Laplasov operator.

Primjena Darsyjevog zakona omogućava da se premaše teškoće u postavljanju zakona kretanja tekućine u pojedinim pornim šupljinama, jer se cijela pojava promatra u ukupnom efektu (rezultatu). Granice primijenljivosti Darsyjevog zakona istraživane su u smislu nalaženja kriterija odnosno dijapazona Rejnoldsovog broja koji bi odgovarao kretanju tekućine u poroznom tijelu prema Darsyjevom zakonu. Zbog neodređenosti geometrijskih elemenata pora, ova istraživanja nisu dala jasnu veličinu Rejnoldsovog broja, iako je konstatirano da primjenljivost Darsyjevog zakona prestaje pri određenoj brzini filtracije, koja je generalno uzevši manja od one, koja bi se izračunala za porozno tijelo od pravolinijskih cijevčica ekvivalentne zapremine šupljina.

Odstupanja od Darsyjevog zakona javljaju se takođe zbog molekularnih efekata u zavisnosti od pritiska (gradijenta pritiska) u tekućini i trajanja filtracije, zbog elektro-kemijskih pojava i dr. Sve ove pojave uglavnom su izučavane s kvalitativne strane i nisu u dovoljnoj mjeri generalizirane.

Sa svim naprijed opisanim ograničenjima Darsyjev zakon i teorija filtracije kroz porozne sredine danas se široko primjenjuju za inženjerske proračune kretanja vode u temeljima objekata. Postoje razne terenske i laboratorijske metode za utvrđivanje koeficijenta filtracije koji je esencijalni parametar za izračunavanje količine filtracije po Darsyjevom zakonu.

Terenske metode određivanja propusnosti neke prirodne sredine takođe se razlikuju među sobom i prilagođene su s jedne strane tehničko-ekonomskim mogućnostima izvođenja, a s druge strane vrstom materijala i drugim uslovima u kojima se ispitivanje obavlja. Ipak se mogu označiti dva osnovna načina ispitivanja:

1. Ispitivanje karakteristike propusnosti većeg ograničenog područja jednovremenim tlačenjem ili izvlačenjem vode iz sredine i registriranjem promjena u nivou (pritisku) podzemne vode i količina filtracije koje ove promjene izazivaju. Ovakvo *grupno* ispitivanje daje prosječnu karakteristiku propusnosti sredine i po pravilu zahtijeva velika sredstva za izvršenje.

2. Ispitivanje karakteristike propustljivosti na pojedinim tačkama (linijama) tlačenjem ili izvlačenjem vode iz sredine na jednom ograničenom mjestu i registriranjem promjene u količini filtracije u zavisnosti od primjenjenog pritiska. Ovako *pojedinačno* ispitivanje daje podatke o propusnosti za pojedine tačke odnosno zone, s tim da ostaje otvoreno pitanje njihovog međusobnog uticaja pri nehomogenom sastavu sredine. Ova su ispitivanja najčešće u primjeni zbog relativno lakog postupka i znatno manje potrebe u angažiranju sredstava za njohovo izvršenje, u odnosu na prvi način ispitivanja.

Propusnost stijenskih masa najčešće se ispituje u sondažnim geološkim bušotinama tlačenjem vode pod pritiskom u cijelu bušotinu ili samo u pojedine etaže. Pri tom se registrira pritisak, količina vode koja se tlači, a iz podataka pri geološkom bušenju poznati su i drugi podaci o sastavu sredine gdje se ispituje, nivo podzemne vode itd. Kad se imaju naprijed navedeni elementi, ostaje da se odredi koeficijent propusnosti u Darsyjevom zakonu filtracije. Za određivanje ovog koeficijenta treba definirati računsku shemu kojom se određuje zavisnost pritiska i količine vode koja se pri tome tlači u bušotinu. Ta zavisnost sadrži i koeficijent filtracije sredine u koju se voda tlači. S obzirom na teškoću u postavljanju rigoroznih graničnih uslova problema, a koji određuju rješenje, pribjegava se određenim aproksimacijama teorijske ili semiempirijske prirode.

Od raznih metoda proračuna koeficijenta filtracije (k) opisat će se dvije metode koje se u nas najčešće primjenjuju i predložit će se modifikacija jedne od iznijetih metoda kojom se omogućuje brži postupak proračunavanja koeficijenta filtracije uz očuvanje tačnosti koja je za ove proračune dovoljna.

## 2. Metoda USBR

Prvo će se prikazati metoda opisana u publikaciji Earth Manual 1951. god. u izdanju Bureau of Reclamation USA, gdje međutim nije data nikakva referenca o načinu na koji su izrazi izvedeni. Od interesa je također istaći da naredna izdanja Earth Manual-a nisu sadržala tu metodu, niti je bila data neka druga koja bi odgovarala ovom slučaju ispitivanja propusnosti.

Po toj metodi razdvajaju se tri zone u stijenskoj masi iznad nepropusnog horizonta i to zona (III) ispod nivoa podzemne vode, zona (II) kapilarnog izdizanja i zona iznad nje (I).

Prema položaju etaže koja se ispituje date su slijedeće formule za proračunavanje koeficijenta filtracije:

Za etažu ispitivanja u zoni I

$$K_I = \frac{16{,}80 \cdot 10^{-4}\, Q}{C_u \cdot r \cdot H} \qquad 2{,}1$$

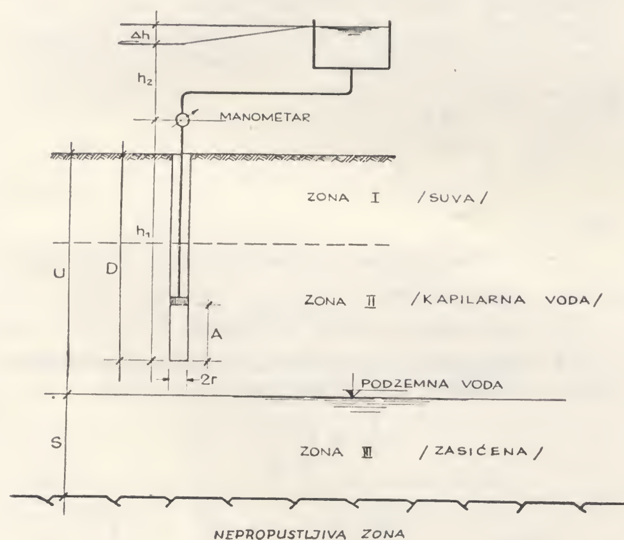
Za etažu ispitivanja u zoni II

$$K_{II} = \frac{16{,}80 \times 10^{-4} \cdot 2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} \qquad 2{,}2$$

Za etažu ispitivanja u zoni III

$$K_{III} = \frac{16{,}80 \times 10^{-4} \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot H} \qquad 2{,}3$$

Uz uslove A 10. r i Q a. 1830




*Sl: Shema ispitivanja propusnosti*

Veličine koje se nalaze u prednjim formulama određuju se terenskim uslovima predstavljenim na karakterističnoj shemi ispitivanja i datim dijagramima.

2.2. Usvojene oznake

D — dubina bušotine (m')
U — dubina nivoa podzemne vode (m')
S — visina podzemne vode iznad nepropusne podloge (m')
A — visina etaže (m')
r — polumjer presjeka bušotine (m')
a — površina ispitivane etaže $= 2r\pi A + r^2\pi$ ($m^2$)
$h_1$ — pritisak vodenog stupa ispod manometra (m')
$h_2$ — pritisak vodenog stupa čitan na manometru (m')
L — gubitak pritiska zbog trenja u cijevima (m')
H — ukupni pritisak $H = h_1 + h_2 - L$ (m')
$T_u$ — $U - D + H$ (m')
Q — protok pri ispitivanju »propusnost« (1/min)
K — koeficijenat propusnosti (cm/sec)

2.3. Proračun

Odrede se odnosi:

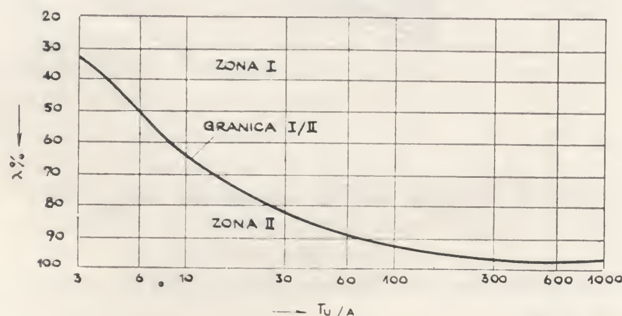
$$t = \frac{H}{T_u} \times 100\%$$

$$\frac{T_u}{A}$$

na dijagramu 2⁴/₁ se vidi kojoj zoni pripada ispitivana stijena i prema tome se računaju koeficijenti K.

## 3. Metoda J. Mandela

U radu »Note sur le calcul des infiltrations« objavljenom u Annales des Ponts et chausése-Juillet 1939. J. Mandel je postavio osnove za korištenje ispitivanja apsorpcije vode u terenu prema metodi M. Lefranca (Génie Civil 1937).




*Sl. 2: Dijagram razgraničenja zona I i II*

Pretpostavljajući da se za riješenje problema može primeniti Darsyjev zakon filtracije i koristeći analogiju sa elektrostatičkim poljem čiji potencijal linearno pada s rastojanjem od izvora, Mandel je pretpostavio da se potencijal P, koji odgovara hidrostatičkom pritisku u fluidu pri filtracionom kretanju kroz poroznu sredinu, nalazi raspoređen po površini elipsoida čija je jednadžba:

$$\frac{x^2}{a^2 + \lambda} + \frac{y^2}{b^2 + \lambda} + \frac{z^2}{c^2 + \lambda} = 1 \qquad 3{,}1$$

gdje je $\lambda$ promjenljivi parametar te je $P = P(\lambda)$. Familija homofokalnih elipsoida čini polje ekvipotencijalnih površina.

Pretpostavljajući važnost Darsyjevog zakona i nestlačivost fluida (konzervativnost fluksa) potencijal P mora da zadovolji Laplasovu jednadžbu

$$\triangle P = 0 \qquad 3.2$$

$$\triangle = \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right).$$

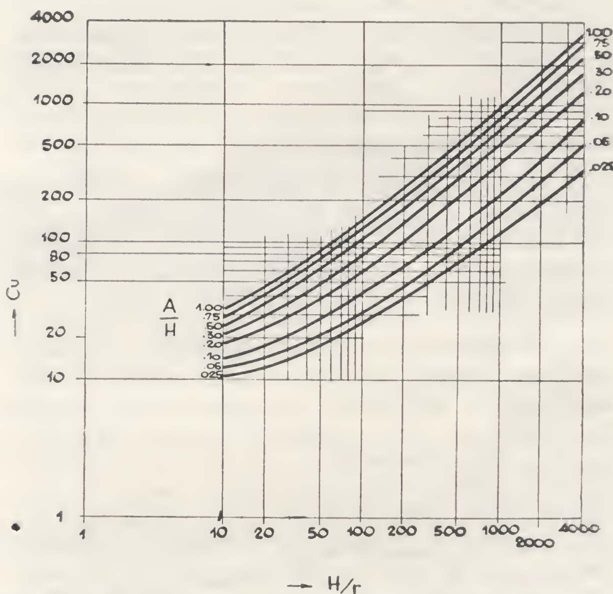
Usvajajući da je *m* ukupna masa, koja prouzrokuje potencijalno polje, može se dobiti integralni oblik jednadžbe 3.2 na površini 3.1 i to u obliku

$$P = \frac{m}{2} \int_{\lambda}^{\infty} \frac{d\lambda}{\sqrt{(a^2+\lambda)(b^2+\lambda)(c^2+\lambda)}} \qquad 3.3$$

ako među elipsoidima odaberemo onaj kod koga je C = 0 prednji integral dobija oblik:

$$P = \frac{m}{2} \int_{\lambda}^{\infty} \frac{d\lambda}{\sqrt{(a^2+\lambda)(b^2+\lambda)\lambda}} \qquad 3.4$$

koji se može riješiti u kvadraturama u specijalnim slučajevima od kojih će se jedan kasnije iskoristiti.




*Sl. 3: Dijagram koeficijenta Cu za etaže u zoni I*

Masa koja prouzrokuje potencijalno polje može se izraziti preko

$$m = C \cdot P_0 \qquad 3.5$$

gdje je C — kapacitet provodnika.

Protok (fluks) kroz proizvoljnu zatvorenu površinu izražen je Gausovim izrazom:

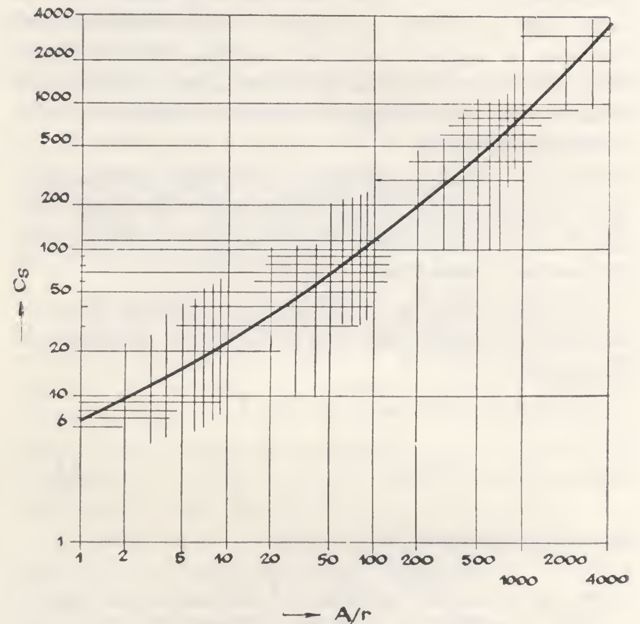
$$4\pi m = 4\pi CP_0 \qquad 3.6$$

Odnosno možemo usvojiti da je

$$\frac{Q}{K} = 4\pi CP_0 \qquad 3.7$$

pri čemu se K (koeficijenat propusnosti) može odrediti iz jednadžbe 3.7 ako se zna kapacitet provodnika C i razlika pritiska u beskonačnosti i na površini kroz koju se ostvaruje protok Q.

Kapacitet provodnika određuje se iz jednadžbe 3.4 i 3.5 tj. $C = \frac{m}{P_0}$.




*Sl. 4: Dijagram koeficijenta Cs za etaže u zonama II i III*

Ako pođemo od izraza 3.1 za slučaj da je a = 0; b = 0 i c = f, elipsoid se reducira na rotacioni $c' = \sqrt{f^2 + \lambda}$. Za ovaj slučaj integral 3.4 se može elipsoid oko OZ osi sa poluosima $b' = a' = \sqrt{\lambda}$ i izračunati u kvadraturama tako da je:

$$P = \frac{m}{2f} \ln \frac{c' + f}{c' - f} \qquad 3.8$$

prema tome:

$$c = \frac{2f}{\ln\left(\frac{c+f}{c-f}\right)} = \frac{f}{\ln\left(\frac{c+f}{a}\right)} \qquad 3.9$$

gdje je:

c — velika poluos

a — mala poluos

f — polovina žarišnog odstojanja $f = \sqrt{c^2 - a^2}$

Za slučaj buštine dužine A i promjera d možemo jednadžbu 3.9 transformirati u oblik

$$C = \frac{\frac{1}{2} d \sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}}{\ln\left(\frac{A}{d} + \sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}\right)} \qquad 3.10$$

pa je:

$$Q = K \cdot P_0 \cdot \frac{2\pi}{2{,}3026} \times \frac{d\sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}}{\log_{10}\left(\frac{A}{d} + \sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}\right)} \qquad 3.11$$

Prednji izraz koristi se za određivanje koeficijenta filtracije i obično se preporučuje u hidrogeološkoj literaturi.

Treba odmah napomenuti da se izraz 3.11 može primijeniti samo u slučajevima kad se ispituje dio bušotine »dovoljno udaljen« i od nepropusnog horizonta.

U istom radu J. Mandela opisano je da u slučaju postojanja nepropusnog horizonta na dubini $D_1$ ispod »etaže« bušotine, koja se ispituje, kapacitet se izražava preko izraza:

$$\frac{P_0}{m} = \frac{1}{c_1} = \frac{1}{c} + \frac{1}{2\,D_1} \qquad 3.12$$

gdje je C određeno izrazom ... 3.10.

Za slučaj da je »etaža« bušotine koja se ispituje na rastojanju D od površine terena, onda se kapacitet izražava preko izraza:

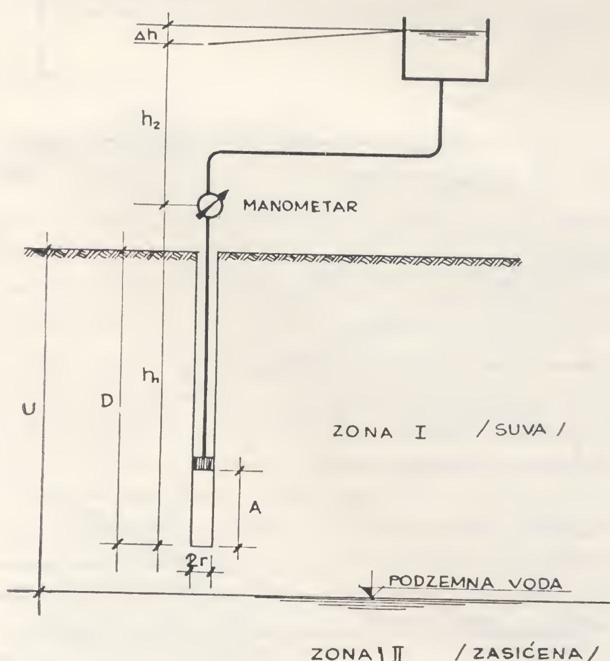
$$\frac{P_0}{m} = \frac{1}{C_1^x} = \frac{1}{C} - \frac{1}{2\,D} \qquad 3.13$$

pri ovome još uvijek $D_1$ i D moraju biti »dovoljno veliki« u odnosu na dužinu etaže koja se ispituje.

## 4. Pojednostavljena metoda

Prilikom korišćenja izraza iz metoda USBR konstatirali smo da izvjesni parametri imaju relativno mali uticaj, a uvođenje svih članova u naprijed navedene izraze znatno otežava i komplicira rad.

Iz tog razloga pojednostavili smo izraze za izračunavanje koeficijenta K te zanemarujući zonu kapilarnog penjanja, koja skoro nikad ne prelazi visinu jedne etaže, gdje se ispituje propusnost, predložili smo samo dvije formule za izračunavanje koeficijenta filtracije K koje su date na narednoj shemi ispitivanja.




*Sl. 5: Shema ispitivanja propusnosti*

4.2 Usvojene oznake

D — Dubina bušotine (m')
U — Dubina nivoa podzemne vode (m')
A — Visina etaže (m')
r — Polumjer presjeka bušotine (m')
$h_1$ — Pritisak vodenog stupa ispod manometra (m')
$h_2$ — Pritisak vodenog stupa čitan na manometru (m')
L — Gubitak pritiska zbog trenja u cijevi (m')
H — Ukupan pritisak $H = h_1 + h_2 - L$ (m')
$h_1 = D$ za $D < U$
$h_1 = U$ za $D > U$
Q — Protok pri ispitivanju propusnosti (l/min.)
K — Koeficijenat propusnosti (cm/sec.)

4.3 Obrasci za izračunavanje »K« koeficijenata

Zona I $\quad K = C_s \frac{5}{A} \times \frac{Q}{H} \times 10^{-4}$ (cm/sec.)

Zona II $\quad K = C_p \frac{5}{A} \times \frac{Q}{H} \times 10^{-4}$ (cm/sec.)

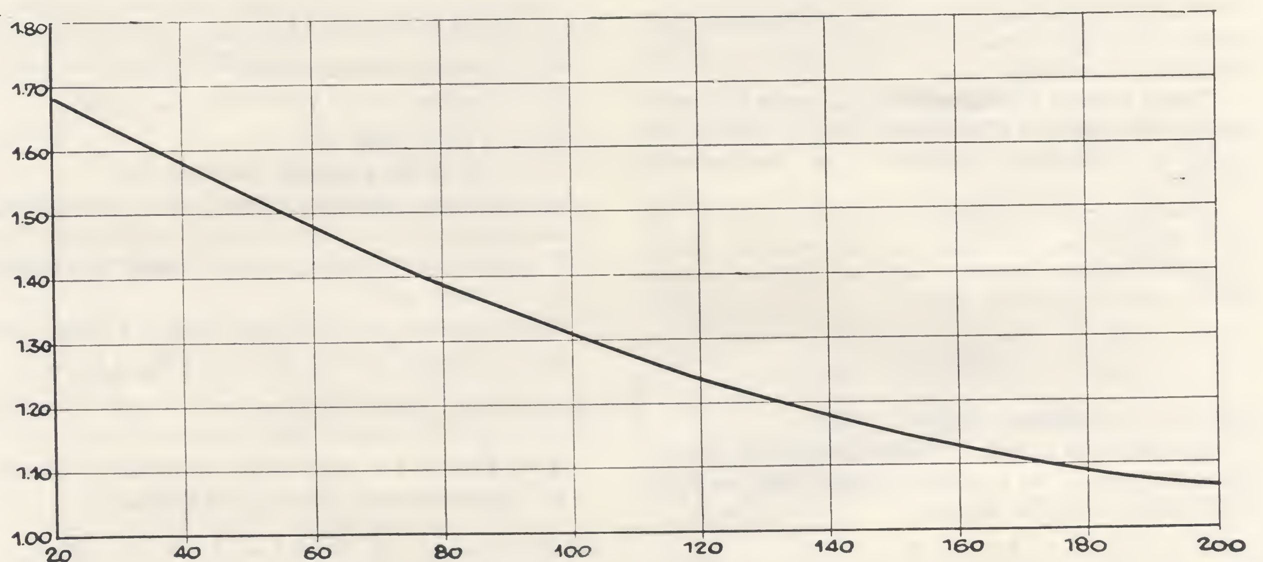
4.4 Opis postupka

Iz obrazaca datih u prethodnoj tački i dijagrama koji slijede vidi se da je izračunavanje »K« koeficijenta na ovaj način sasvim pojednostavnjeno. Za veći broj podataka račun je najlakše provesti tabelarno u tabeli koja je data u tački 4.6.

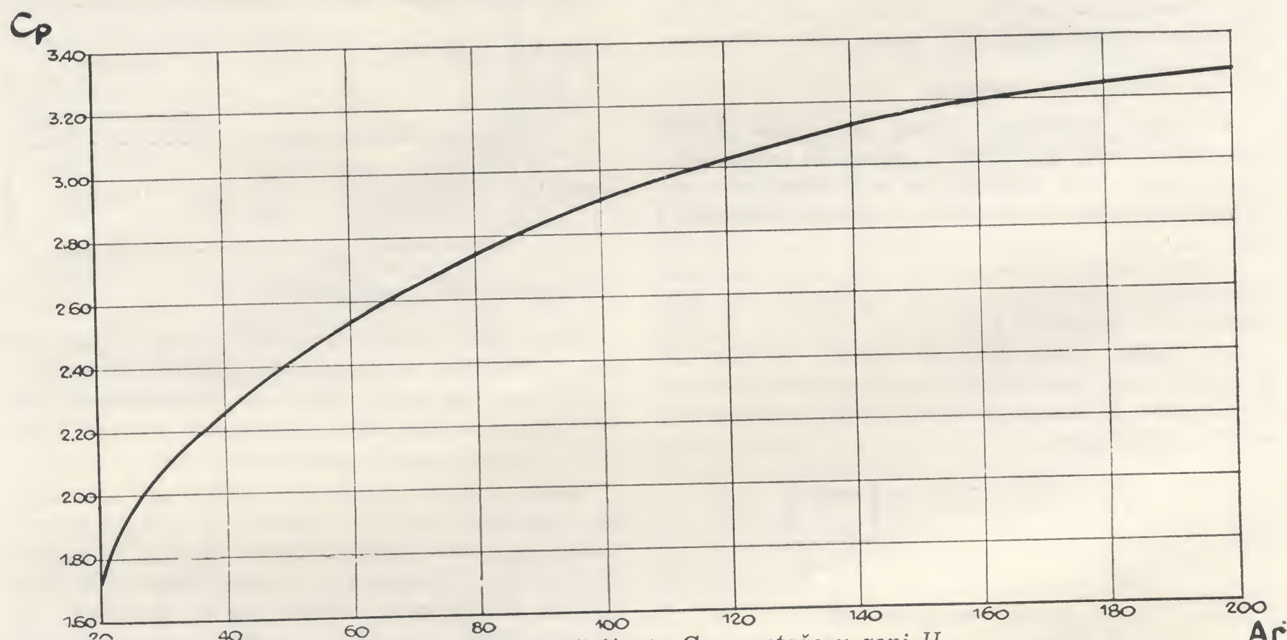
Kako se vidi iz prethodne tačke, »K« koeficijenat uglavnom zavisi od veličina Q i H pa je vrlo važno da se one tačno odrede. Veličina Q dobiva se direktno mjerenjem pri pokusu dok se H izračunava. Na dijagramu 2.5/3 vidi se da za Q = 40 l/min. gubitak pritiska u najčešće upotrebljavanim cijevima od 5/4″ iznosi manje od 10%, a od ukupnog pritiska H još manje. Za veće vrijednosti Q gubitak pritiska naglo raste pa se o njemu mora voditi računa.

U tački 4.2 .dato je u kojem se slučaju veličina $h_1$ zamjenjuje sa D, a u kojem sa U. Ustvari to znači da je kod etaža iznad nivoa podzemne vode mjerodavna dubina bušotine, dok je kod etaža ispod nivoa podzemne vode mjerodavna dubina nivoa podzemne vode.

Postupak izračunavanja dat je u zaglavlju tabele u tački 4.6. Ovdje se samo napominje da je važno raditi sa stvarnim proticanjem kroz cijevi Q jer od toga zavisi gubitak pritiska. Ovo se naglašava stoga što se gledajući obrasce, čini da bi bilo zgodno koristiti proticaj na m' etaže jer odnos Q/A figurira u izrazu.




*Sl. 6: Dijagram koeficijenta Cs za etaže u zoni I*



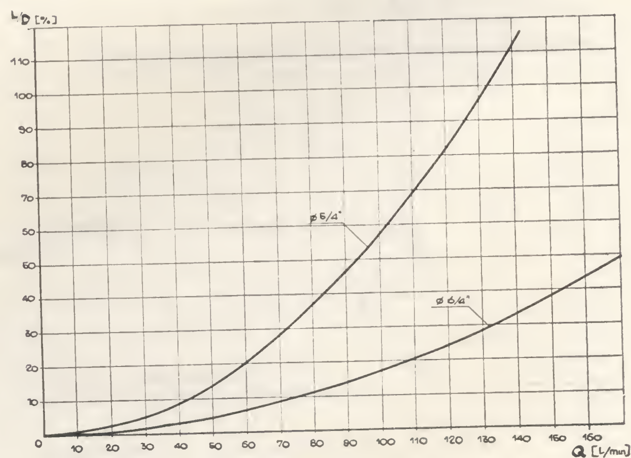

*Sl. 7: Dijagram koeficijenta Cp za etaže u zoni II*

4.6. Tabela za proračun

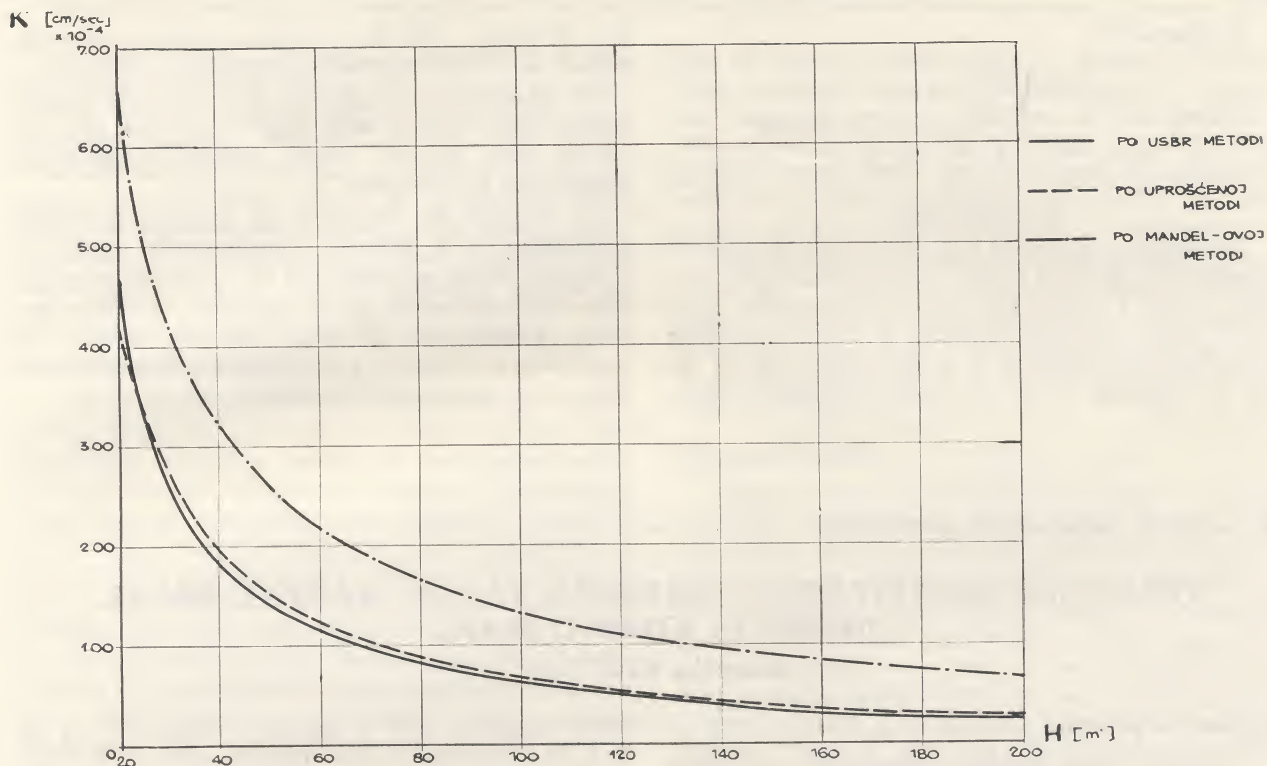
| Zona | Q l/min. | D m' | A m' | r m' | A/r | $h_1$ m' | $h_2$ m' | L m' | H m' | C | K cm/sec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | | | | — | — | D | | | | $C_s$ | |
| I | | | | | | U | | | | $C_p$ | |

## 5. Zaključak

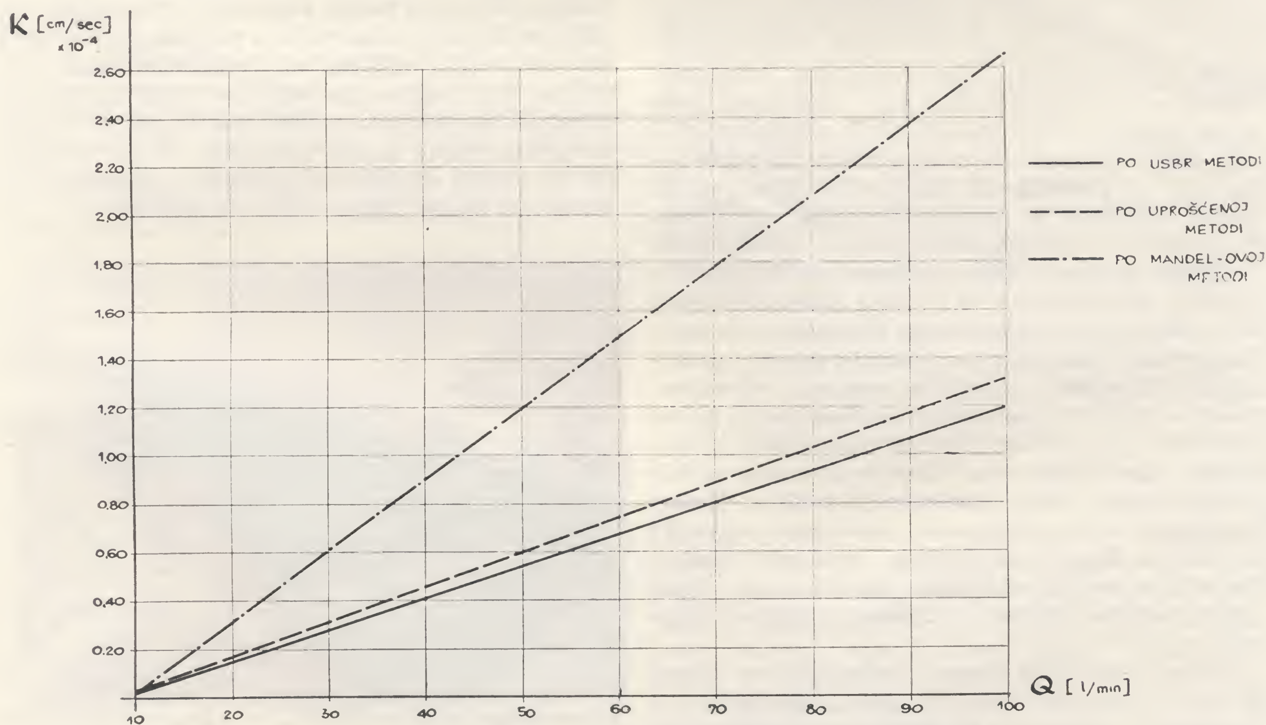
Cilj ovog prikaza je bio da se sistematski izlože i prikažu uobičajene metode proračuna koeficijenta filtracije, uz odgovarajuće napomene o usvojenim pretpostavkama i granici primjenljivosti.




*Sl. 8: Dijagram gubitaka u cijevima*




*Sl. 9: Uporedni dijagram sa konstantnim q = 50 l/min*




*Sl. 10: Uporedni dijagram sa konstantnim H = 100 m'*

Od interesa je također izvršiti upoređenje rezultata koji se dobijaju po izloženim metodama za manje-više uobičajene vrijednosti gubitaka vode pri ispitivanju, kako bi se dobio uvod u stupanj rasturanja rezultata.

Za uporednu analizu usvojene su slijedeće karakteristike:

A = 5.00 m'
2 r = d = 0.064 m'
H = $P_0$ = 20 — 200 m' za Q = 50 l/min.
Q = 10 — 100 l/min. za H = 100 m'

Po Mandel-u

$$C = \frac{\frac{1}{2} d \sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}}{\ln\left(\frac{A}{d} + \sqrt{\frac{A^2}{d^2} - 1}\right)} = 0,50$$

$$K = 0,159\ Q/H$$

Uporedne vrijednosti koje daje opći Mandel-ov obrazac 3.11, obrasci USBR i pojednostavljene metode u zoni I, prikazane su na dijagramima 5.1 i 5.2. U prvom slučaju prikazan je uticaj promjene hidrostatičkog pritiska H u granicama od 20 do 200 m′ vodenog stupa pri stalnoj veličini protoka Q = 50 l/min., dok je u drugom slučaju mijenjan protok Q, a zadržan stalni pritisak H = 100 m′.

Iz dijagrama je očigledno da predložena pojednostavnjena metoda daje gotovo potpuno iste rezultate kao izvorna USBR metoda, a znatno je praktičnija za primjenu.

S obzirom na činjenicu da je metoda USBR empirijska, a J. Mandel-a matematički egzaktno izvedena, može se zaključiti da je slaganje rezultata zadovoljavajuće jer se dobivaju razlike u veličini koeficijenta K, koje nisu od važnosti za praktičnu primjenu u proračunima filtracionih količina kod inženjerskih objekata.

***S naših i inostranih gradilišta***

# OSVRT NA ORGANIZACIJU GRAĐENJA NASUTE KAMENE BRANE DERBENDI KHAN U IRAKU

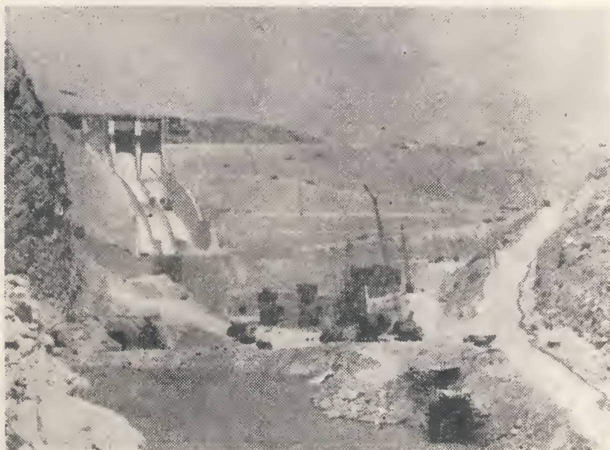
**Kamenko Katić**, Split

**Općenito o projektu**

Derbendi Khan projekt je lociran na rijeci Djali cca 280 km sjeverno od Bagdada. Rijeka Djali izvire u Perziji i utječe u Tigris desetak kilometara južno od Bagdada. Radove je finansiralo Ministarstvo irigacija republike Irak, pod čijom kontrolom se izvode sve investicije na irigacionim radovima. Predviđeni plan ovih radova vrlo je zamašan. Brana na Djali s akumulacijom od 3 milijarde m³, i nizvodni sistem navodnjavanja, treba da riješi jedan dio od predviđenih planova. U drugoj etapi radova predviđa se izgradnja pribranske hidroelektrane sa tri generatorske jedinice po 37,5 MW.

Radovi su počeli 1956, a završeni su 1962 godine. Gradnja je koštala cca 70 miliona dolara. Projekat je izvodila Harza Ingineering Company, Chicago. Nadzor nad radovima povjeren je grupi jugoslavenskih inženjera i tehničara poduzeća »Geoistraživanja« Zagreb. Kao ekspert za fundiranje brane angažiran je prof. dr Nonveiller, također iz poduzeća »Geoistraživanja« Zagreb. Izvođači su bili I. J. A. Jones, USA, građevinski radovi, Krupp Rheinstahl Union, Njemačka, montažni radovi i Gebhard i Koenig, Njemačka, injekcioni radovi. Projekat se sastoji od kamene nasute brane visine 125 m, preliva, ulaznog i izlaznog uređaja i strojarnice.

Brana pregrađuje tjesnac Derbendi Khan kojega je Djala prosjekla. Jaki tektonski poremećaji i s tim nastale poteškoće oko temeljanja uvjetovali su izbor između betonske gravitacione i nasute kamene brane. Obadva tipa su razrađena i data kao alternativna na licitaciju. Odluka je pala za kamenu branu jer je ponuđena za oko 15% jeftinije. U poprečnom presjeku brana ima centralnu vertikalnu glinenu jezgru, pridržanu s obje strane kamenim nabačajem. U obostrani nagib jezgra je 1 : 0,3, dok su kameni pokosi formirani s bermama dobili nagib 1 : 1,75 u gornjem dijelu i 1 : 2 do 1 : 2,25 u donjem dijelu. Između gline i kamena ugrađeni su filterski slojevi, uzvodni u dva stepena širine 6 m i nizvodni u tri, ukupne širine 9 m. Ukupna kubatura nasipa iznosi oko 7,2 milijuna m³, od čega otpada na kamen 5,5 milijuna, glinu 1,1 i filterske cca 0,6 milijuna m³. Temeljenje brane tražilo je velike iskope, naročito lijevi bok koji je bio formiran od šljunkovite drobine. Iskop je izvršen do zdrave srasle stijene u količini od 5,4 milijuna m³. Ti radovi izvršeni su paralelno s radovima na skretanju rijeke, tokom 1956—58. godine.



*Sl. 1: Pogled na branu s nizvodne strane*

Preliv je smješten uz desni bok s kapacitetom 12,000 m³/sek. Ima tri segmenta zatvarača, svaki 15 × 15 m. Stijene preliva visoke su do 30 m sa jakom armaturom. Na preliv se naslanja brana i kontakt s jezgrom, visine je cca 50 m. Slapište je izvedeno u jakom, armiranom temeljnom bloku.

U preliv je ukupno ugrađeno cca 300.000 $m^3$ betona. Skretanje rijeke izvršeno je s dva tunela promjera 6 i 9 m, dužine cca 700 m, smještena u desnom boku. Tuneli su kasnije priključeni na irigacione ispuste i dovode za buduće turbine, a ulazne građevine izvučene na više kote. Potonje su opremljene tablastim zatvaračima, koji se reguliraju preko tornja na kojem je smješten kran. Za sada je postavljena mala strojarnica sa dvije Francisove turbine po 800 KW.

## Organizacija građenja

Na gradilištima kamenih nasutih brana organizacija građenja poprimila je danas sasvim jasne smjernice. Iskustva stečena sa primjenom mehanizacije zadnjih 30 godina, dovela su do znatnoga pojeftinjenja izgradnje ovih objekata. Ovdje se može jasno vidjeti i dnevno čak kontrolirati da brzo graditi znači i jeftino. Ako se tomu doda ranije puštanje objekta u pogon, što je također ekonomski povoljno, onda dinamici izgradnje treba posvetiti naročitu pažnju. Ne smije se doći u situaciju da se posao planira u toku gradnje. Unaprijed treba znati kojim će se metodama raditi i s kojim mašinama. Ako se zamišljena organizacija provede u toku izvedbe i dnevno prati plan napredovanja, rezultati su redovno pozitivni.

Onoga momenta kada se završe ispitivanja pozajmišta materijala i dobiju povoljni testovi, izvođač je u situaciji da može početi sa shemom organizacije građenja. Početni su elementi za postavljanje operativnoga plana — količine radova, koje treba izvršiti i rok završetka. Uz plan korištenja mehanizacije i razradu pripremnih radova, projekat organizacije poprima konačnu formu i s izgradnjom se može početi.

U toku pripremnih radova razrađuju se projekti i detalji građenja pojedinih objekata, a prioritet se određuje prema generalnom operativnom planu.

Zemljani radovi bili su specifičnost projekta Derbendi Khan. Velike količine iskopa i nasipa dominirale su kod razrade organizacije građenja. Jaka koncentracija mehanizacije bila je nužna. Od pravilnog izbora strojeva i metode rada zavisio je uspjeh na gradilištu. Izvođač je imao iskustva u tomu, i bez velikih poteškoća ugrađivao je mjesečno do 500.000 $m^3$ nasipa u trup brane. Ovakvi rezultati nisu samo posljedica primjene jake i dobro održavane mehanizacije nego i produktivnost čovjeka, koji rukuje procesom proizvodnje. Velika i oštra konkurencija za dobijanje posla, izvršenje velikih zemljanih radova u vrlo kratkom roku, skupa radna snaga i konačno financijski uspjeh poduzeća, prisilili su izvođače na pravilan izbor i visoki učinak građevinskih strojeva. Paralelno s tim komandni kadar prostudirao je metode procesa proizvodnje, a rukovaoci strojeva ovladali su tehnikom stroja i njegovim maksimalnim iskorištenjem.

Vrijedno je spomenuti da nadzorna služba na vrijeme riješava sve tehničke probleme projekta izvođača. Ona također riješava i tekuće probleme, koji se pojave u toku građenja. Izvođač se posvećuje u cijelosti samo procesu proizvodnje, zadatku, koji treba što prije s uspjehom izvršiti. Imajući u vidu dovoljne kapacitete izvođača u strojevima i produktivnosti ljudi koji su radili sa njima, razumljivo je da je u drugoj fazi radova, za dvije godine, ugrađeno cca 6 milijuna $m^3$ nasipa.

Organizacija izvođenja radova razmatrana je u dvije faze. U prvoj fazi pripremni radovi, s izvedbom i otvaranjem pomoćnih pogona, skretanje rijeke i fundiranje brane. U drugoj fazi rada slijedila je izvedba brane, preliva, ulaznih i izlaznih građevina i strojarnice.

## Pripremni radovi

Važnost pripremnih radova na jednom velikom gradilištu dobro je poznata činjenica. Uspjeh glavnih radova zavisan je o njima. Izgradnja provizornih pomoćnih pogona i instalacija, u namjeri, da što prije počnu glavni radovi, pokazala se kao loša praksa. Često puta ti provizoriji ostanu dugo vremena u pogonu, a definitivno se grade pred sam kraj gradnje. Razumljivo je, da u takvim slučajevima gradnja poskupljuje, a operativni plan iz mjeseca u mjesec ima sve više zakašnjenja. Isti je slučaj kada su pomoćni pogoni, iako na vrijeme postavljeni, premalo dimenzionirani, naročito ako se želi zastoje u operativnom planu dostići pojačanom dinamikom ugradnje. I u takovim slučajevima dolaze neminovni zastoji, radi rekonstrukcije ili, što je češći slučaj, radi izgradnje dodatne instalacije, koja bi kapacitete pojačala.

Pomoćni pogoni kao što su pozajmišta, separacije, drobilane, betonare, instalacije električne energije i komprimiranoga zraka trebaju biti dimenzionirani s rezervama. Veličina tih rezervi zavisi od prirode objekta, oštrine plana i iskustva graditelja.

Saobraćajnice. Nakon definitivno utvrđene lokacije pozajmišta materijala i pogona, rješenje saobraćaja i održavanje komunikacija igra važnu ulogu u dinamici izgradnje. Velike količine materijala, koje trebaju biti prebačene, iskorištenje utovarnih strojeva i vozila, te održavanje voznoga parka — postavljanju zahtjev za dobrim cestama. Transport treba biti brz i siguran. Čest je slučaj da se na pojedinim potezima ne mogu izbjeći veći usponi ili mali radiusi krivina. To su redovito uska grla i ukoliko je ta dionica jače frekventirana, takva mjesta treba rješavati širinom ceste. Jedan takav pogrešan čvor ili potez na glavnoj saobraćajnici može dovesti do čestih prekida u transportu. To je ono, što se mora pod svaku cijenu izbjeći.

Na gradilištu Derbendi Khan saobraćajnicama je bila posvećena velika pažnja. Ukupno je bilo cca 20 km cesta. Gradilište je bilo razvijeno na desnoj obali rijeke, i pojedini pogoni i pozajmišta materijala bili su udaljeni do 5 km od centralnoga dijela gradilišta. Bez obzira na frekvenciju pojedinih poteza, izvođač se odlučio na širinu ceste od 12 m, što je omogućilo i najvećim transportnim jedini-

cama brzo i sigurno kretanje. Usponi i padovi bili su do 12%, a pojedini potezi i kratke rampe do 15%.

Ceste su izvedene sa buldožerima i grejderima. Na planum postavljen je šljunčani zastor od 20—30 cm, koji je imao nešto i veznoga materijala. Pod teškim vozilima saobraćaj je formirao odličan kolovoz. U toku eksploatacije ceste su stalno održavane s grejderima Caterpilar No 12. Da bi se vezala prašina, a i stabilizirao površinski sloj, godišnje jedan do dva puta u ljetnom periodu saobraćajnice su polijevane starim uljima, pomiješanim s naftom. Ceste su, također, stalno polijevane vodom, autocisternama 8—10 m³.

*Sl: 2: Pogled iz aviona s uzvodne strane*

S e p a r a c i j e  š l j u n k a  i  p i j e s k a. Uzvodno od pregrade na udaljenosti 5 km nalazili su se veliki sprudovi riječnoga šljunka. Desna obala je bila formirana od osulinskih šljunčanih naslaga. Šljunak je bio od sedimentnog i eruptivnoga materijala. To su bila izdašna pozajmišta filterskoga materijala za branu i agregata za beton. Potrebno je bilo oko 1 milijun m³ opranog i prosijang materijala. Te količine zahtijevale su pogon separacije vrlo velikoga kapaciteta. Materijal sa sprudova i korita rijeka vađen je dregline bagerima Bucyrus 71-B, s kašikom cca 2,5 m³.

Pogon separacije postavljen je na desnoj obali između pregrade i pozajmišta materijala. To je bio uređaj horizontalnog tipa, riješen transporterima s otvorenim deponijama materijala. Pojedini stogovi materijala imali su do 80.000 m³. Gotove frakcije, koje su padale ispod transportera, odgurali se buldožerima na veće površine i tako je dobijena mogućnost većega deponiranja.

Materijal s pozajmišta dovozio se dumperima u neposrednu blizini rampe-silosa. Silos se punio buldožerom. Na dnu silosa postavljen je dodavač, koji je hranio čeljusnu drobilicu. Otvor čeljusti bio je cca 20 cm, tako da su drobljene samo valutice iznad te mjere. Odmah iza drobilice odvajao se materijal (bez pranja) za treći filterski sloj, kao najveća frakcija. Ostali materijal prenešen je jednim dugim transporterom do centralnoga dijela pogona s vibracionim sitima, gdje su se uz pranje odvajale pojedine frakcije i putem transportera prebacivale na stogove. Najsitnija frakcija, pomiješana s isplakom, završavala je u vodi, odakle je uz daljnje dodavanje vode pužnim vijkom isprani pijesak prebacivan transporteru, koji ga je odbacio na stog. Uređaj je proizvodio 3 do 4 frakcije, prema potrebama filterskog materijala ili agregata za beton.

Kapacitet postrojenja bio je cca 60 m³/sat. Količina potrebne vode za pranje zavisila je o čistoći materijala i granulometrijskom sastavu pojedinoga dijela pozajmišta. Bilo je potrebno od 200—400 l/m³. Izborom odgovarajućih partija pozajmišta u odnosu na granulometrijski sastav, postojala je mogućnosti forsiranja pojedinih frakcija. Jalovih frakcija bilo je vrlo malo.

Pošto se osjetila potreba za proizvodnjom većih količina materijala za filtere, naročito pijeska, izvođač je montirao još jedno postrojenje, uzvodno od glavnoga. Ovaj novi pogon proizvodio je prvi i treći filterski sloj. Materijal se prao i separirao u tri frakcije od kojih je jedna bila jalova. Postrojenje je, takoder, riješeno s vibracionim sitima i sistemom transportera sa stogovima granuliranoga materijala. Uređaj za ispiranje riječen je jednostavnije. Kapacitet je bio manji od glavnoga pogona.

Pošto su obadva postrojenja bila dosta udaljena od mjesta ugradnje, izvođač je prebacivao granulirani materijal na nove deponije, bliže brani, i time osigurao kontinuiranu proizvodnju pogona i mogućnost veće dinamike kod ugradnje.

Separacije su vezale slijedeću mehanizaciju za iskop, utovar i transport.

| | | |
|---|---|---|
| Dragline bager BUCYRUS 71-B kašika 3,5 CU. yd. | kom | 1 |
| Bager BUCYRUS 2,5 CU. yd. | „ | 2 |
| Utovarivač MICHIGAN | „ | 2 |
| Buldozer Allis Chalmers HD-21 | „ | 2 |
| Euclid dumper R-15 | „ | 10 |

P r i p r e m a  b e t o n a. Za betonske radove postavljena je betonara tipa JOHNSON sa dvije miješalice, svaka po 3 m³, kapaciteta cca 1000 m³ dnevno. Rad je bio potpuno automatiziran. Posebni uređaj registrirao je dijagramima utrošak materijala. Iz tih dijagrama nadzorna služba pratila je kvalitetu pripreme betona.

Agregat je deponiran pored betonare iznad ukopane cijevi-tunela od valovitoga lima Ø 2,50. U tunelu je instaliran horizontalni transporter, na koji

se gravitacijom ispuštaju pojedine frakcije iz otvora u tjemenu. Ovaj dodaje materijal kosom transporteru, koji ga dalje prebacuje do silosa na betonari. Pojedine frakcije na deponiji bile su odvojene pregradama i istovareni materijal buldožerom se gurao iznad cijevi. Deponirati se moglo oko 2000 m³ agregata. Materijal je lagano prskan vodom, što je omogućilo lakše tečenje prema transporteru, a istodobno spriječavalo se prekomjerno zagrijavanje agregata.

Cement se dovozio auto cisternama s udaljenosti oko 60 km. Subakordant za prijevoz cementa posjedovao je vozni park ukupnog kapaziteta 200 t. Cement je pražnjen uređajima na komprimirani zrak.

Pogon betonare posjedovao je 8 komada Euclid vozila za prebacivanje betona do mjesta ugradnje. Vozila su imala specijalno konstruirane koševe za transport betonske mase. Pražnjenje je bilo posredstvom hidraulika. Betonarom je rukovodio poslovođa. Njegov je zadatak isporučiti određene marke betona na pojedino radno mjesto. U betonari je imao radio emisioni prijemnik, koji ga je povezao sa svim ostalim pogonima i radnim mjestima. U grupi je imao 6 šofera, operatera na komandnom uređaju betonare i 2—3 radnika za čišćenje i održavanje postrojenja.

Prema ugovorenim specifikacijama — cement je davao investitor. Recepte za spravljanje betona izvođač je primao od nadzornoga organa i njih se morao pridržavati. Preko svoga čovjeka nadzorni organ imao je punu kontrolu nad pripremom betona i utroškom cementa.

K a m e n o l o m i. Za nasutu kamenu branu Derbendi Khan trebalo je ugraditi oko 5,200.000 m³ kamena. Za kamen je postavljen zahtijev da bude vremenski postojan, čvrst i bez znakova raspadanja. Granulometrijski nasip može imati najviše 15% sitneži, dok je gornja granica ostavljena prema mogućnostima utovara. U okolini brane bilo je dolomitnih vapnenaca i vapnenih pješčenjaka.

Kamenolom se mogao otvoriti u neposrednoj blizini pregradnoga mjesta, s glavnim kamenim masama ispod kote krune brane, ili pak na višim kotama, udaljenosti do 4 km. Po prvoj varijanti pristupi kamenolomima bili su vrlo teški, može se čak reći i smioni, a front rada prilično malen, naročito za prvo vrijeme eksploatacije. Pri lociranju u višim kotama dobio bi se odmah široki front rada s jednom etažom od 40 metara. Poslije vrlo malih priprema mogli su se dobiti vrlo veliki kapaciteti kamena. Istina, s obzirom na udaljenost, ovakav smještaj kamenoloma tražio bi najmanje 16 transportnih jedinica po bageru. Izvođač se odlučio na manju udaljenost i niže kote.

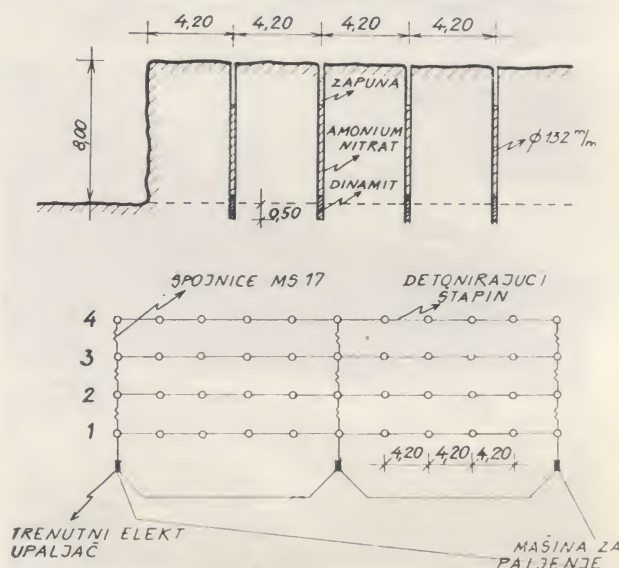
Nizvodni kamenolom pružao se paralelno s rijekom, na desnoj obali. Uz korito imao je skoro vertikalne litice. Masiv je bio dolomitni vapnenac, dosta uslojen pružanjem sjever-jug i padom slojeva oko 60 stepeni. Tu i tamo bili su interkalirani lapori u vrlo tankim slojevima, količinom neznatni. Ovaj kamenolom dao je skoro 85% kamena za nasip. Front kamenoloma nije mogao biti otvoren paralelno s pružanjem slojeva, jer je jedan sličan pokušaj bio izvršen na lijevoj obali, i tokom pripremnih radova na otvaranju toga mjesta — nastala su klizanja po slojevima. Izvođač se odlučio za skidanje od vrha prema nožici. Gornje partije kamenoloma iziskivale su prilaze s velikim usponima, koji su mjestimično bili do 17%. Pristupni put je riješen sa dva kraka do najgornjeg platoa i silazeći prema dolje u etažama po 8 m nije bilo nekih većih smetnji kod prilaza pojedinoj etaži. Dakle, kamenolom je eksploatiran etažu po etažu, upotrebljavajući višeredno miniranje s milisekundnom retardacijom. Minama, dubokim 8 m otpucavana su čitava polja. Površina, koja je otpucavana praktički je podignuta 2—3 m. Visina fronta bila je niska, bez bojazni od odrona prilikom utovara. Kada se došlo do najekonomičnijeg razmaka bušotina, pogon kamenoloma trebalo je samo kontrolirati. Kod eksploatacije prvih par etaža dinamika je bila slabija. Silazeći prema dolje, nakon 4—5 etaža, dobijen je plato od cca 300—150 m i stvorena mogućnost dnevnih kapaciteta kamenoloma, u špicama, do 16.000 m³/dan.

Rad na bušenju i utovaru organiziran je paralelno. Kapaciteti strojeva za bušenje, utovar i transport bili su izbalansirani. Nikada se nije osjetila situacija pomanjkanja otpucanog materijala, ili da je bušenje zakasnilo. Kako je spomenuto, kamenolom je eksploatiran višerednim dubinskim miniranjem. Upotrebljene su bušotine Ø 90 i 130 mm. Razmak bušotina kod prvih bio je 2,40—2,50 m, a kod drugih 4,20—4,50 m. Dubina bušotina bila

*Sl. 3: Utovar u nizvodnom kamenolomu*

je 8,50 m. Tražena granulacija bila je u granicama specifikacija. Sekundarnog miniranja skoro nije ni bilo. Utrošci eksploziva za pojedino palenje kretali su se 0,30—0,35 kg/m³.

Za eksploziv upotrebljen je amonium nitrat $NH_4NO_3$, umjetno gnojivo. Glavna mu je prednost veliko sniženje troškova kod miniranja. U USA se 50% godišnjih potreba eksploziva za miniranje u kamenolomima pokriva amonium nitratom. Upotrebljen kao granulat, košta 3—5 centi 1 lbs, dok 1 lbs dinamita košta 20—30 centi. Isporučuje se u papirnatim vrećama, sigurnost kod transporta i rukovanja je velika. Uskladištenje može biti u drvenim barakama, pored ostalih materijala na gradilištu. Amonium nitrat sipa se direktno u bušotine ili se prethodno puni u najlonske kesice do 5 kg težine i potom spušta u bušotine. Prije upotrebe miješa se s 5—7% nafte, na samom radnom mjestu. Kod upotrebe dodaje se u bušotinu 10—15% dinamita za iniciranje. U ovakvoj kombinaciji preporuča se za mekše stijene, kao što su vapnenci. Za bušotine manjeg profila od 90 mm, ne preporuča se. Zbog velikih upotrebljenih količina eksploziva prilikom miniranja, moralo se voditi računa o vibriranju terena. Istodobno se palilo do 1200 bušotina ⌀ 90 i 130 mm. Ukupna količina eksploziva iznosila je do 30 t. Jače potrese prvenstveno su davale bušotine ⌀ 130 mm. Simultana palenja za ove bila




*Sl. 4: Shema bušenja i palenja u nizvodnom kamenolomu*

su zabranjena. Da bi se vibriranje okolnoga terena svelo na podnošljivu mjeru, upotrebljeno je milisekundno palenje, kombinacijom detonirajućeg štapina i conectora MS 17. Pored smanjenja vibracija i minerskih prednosti, ovim postupkom opasnost od prijevremenskih palenja svedena je na minimum.

Izbor mehanizacije bio je standardni, s kojim Amerikanci opremaju zadnjih desetak godina kamenolome za nasute brane. S obzirom da je izvođač ušao u posao s opremom koju je dopremio s jednoga ranijega sličnoga gradilišta, želja za većim utovarnim i transportnim jedinicama nije ostvarena. Bageri od 4—5 cu. yd. i vozila od 30 t vjerojatno bi pokazala veću ekonomičnost, nasuprot bagerima od 3 cu. yd i vozilima od 18 t, s kojima je izvođač raspolagao. Unatoč tomu, izvođač je dobio vanredne rezultate, koristeći ranija iskustva.

Sa ovim strojevima u kamenolomu, izvedeno je za godinu dana 2,920.000 m³ kamenoga nasipa:

3 rotacione bušilice Drillmaster ⌀ 130 mm — Ingersoll Rand
8 perkusiono rotacionih bušilica Air Track ⌀ 90 mm — Gardner Denver
6 pokretnih rotacionih kompresora — Jaeger »600«
4 dizel bagera Bucurys Erie Company 71-B, kašika 3 cu. yd.
1 dizel bager Bucurys Erie Company 54-B, kašika 2,5 cu. yd. (rezerva)
4 buldozera Allis Chalmers 21-D
45 Euclid dumpera R-18.

Nabavna vrijednost opreme za kamenolom iznosila je 1,823.000 $. Godišnji učinak pojedinoga stroja bio je:

| | |
|---|---|
| Bušilica ⌀ 130 mm | 470.000 m³ |
| Bušilica ⌀ 90 mm | 215.00 m³ |
| bager 3 cu. yd. | 730.000 m³ |
| Euclid 18 t | 175.000 t/km. |

Količine se odnose na kubaturu nasipa, mjereno u tijelu brane. Kamenolom je organizaran u dvije smjene, ukupno 19 efektivnih radnih sati. Smjenom je rukovodio poslovođa s dva pomoćnika. Jedan od njih imao je dobijanje, a drugi utovar i transport. Rukovodili su ovim ekipama:

| | |
|---|---|
| bušenje | 20 bušača — strojara |
| punjenje i miniranje | 15 minera i radnika (samo dnevna smjena) |
| utovar | 10 bagerista i buldozerista |
| transport | 45 šofera |
| servisna grupa | 12 strojara i podmazivača. |

Dakle, ukupno u dvije smjene 189 ljudi. Godišnji prosjek učešća radne snage u procesu proizvodnje bio je:

| | |
|---|---|
| Bušenje | 0,045 sati/m³ |
| miniranje | 0,018 „ |
| utovar | 0,023 „ |
| transport 1,5 km | 0,099 |
| servis | 0,026 |
| ukupno | 0,211 sati/m³ |

S obzirom na uski front rada na nizvodnom kamenolomu u prvo vrijeme eksploatacije, lociran je uzvodno još jedan za ispomoć. Ovaj je korišten oko godinu dana, i dao ukupno 600.000 m³ nasipa. Lociran je 2 km uzvodno od pregradnog mjesta To je bio jedan slojeviti banak dolomitnog vapnenca, debljine cca 60 m, skoro s vertikalnim slojevima. Među slojevima vapnenca bilo je lapora cca 15%. Sa obje strane kamena nalazila se ispuna — jalovina od glinovite zemlje i osuline.

Pristupalo se bočno na pojedine kote sistemom rampa, koje su odvajane od glavne ceste. Izradom tih pristupa otklonjena je jalovina i tako se dolazilo do kamena. Kamen je dobijen komornim otpucavanjem. Kako je cijeli banak bio dosta uslojen, ovim načinom miniranja dobijeno je u zoni komora dosta sitneži. Po otpucavanju bilo je i sekundarnog miniranja, jer su slojevi vapnenca udaljeni od komora ostali samo rastrešeni.

S obzirom na morfologiju masiva, položaj zdravog kamena, pad i pružanje slojeva, drugi način eksploatiranja nije bio moguć. To je također bio i razlog da se ni komorno miniranje nije moglo sistematski u cijelosti primijeniti. Visina masiva iznad komora iznosila je 20—25 m, a dužina otpora cca 15—18 m. Pristupni potkopi bušeni su okomito na slojeve, a komore postavljene lijevo i desno na međusobnoj udaljenost cca 30 m. Materijal iz potkopa izbacivao se skreperom. S obzirom na kvalitetu nasipa, nadzorna služba tražila je napuštanje ovog kamenoloma. Daljnja eksploatacija, također, ne bi bila ekonomski opravdana, jer je trebalo zahvaćati više kote i skidati sve više jalovine. Kako je u međuvremenu omogućen širi front rada na nizvodnom kamenolomu, ovaj je napušten. Time je cijela proizvodnja orjentirana isključivo na jedan kamenolom.

Prateći sistematski rad i rezultate spomenutih dvaju kamenoloma i uzimajući u obzir svrhu kojoj su bili namijenjeni, došlo se do zaključaka:

Kamenolome za nasute brane gdje god je to moguće poželjno je organizirati s dubinskim miniranjem velikim bušotinama.

Jednoetažno višeredno milsekundarno miniranje na većim površinama omogućuje optimalno iskorištenje utovarnih i transportnih sredstava i velike dnevne količine kamena za izgradnju nasipa. Kod dubinskog miniranja može se uticati na granulometrijski sastav materijala korekcijom opterećenja mina i rasporedom eksploziva u bušotinama. Komornim miniranjem u bankovitim slojevima dodobija se mnogo krupnih blokova što traži naknadno miniranje, a kod tanjih slojeva u zoni komora kamen se pretvara u sitnu frakciju, koja je neupotrebljiva. Naknadno miniranje kod dubinskog miniranja može se potpuno izbjeći.

Učinak bagera kod dubinskog miniranja veći je nego kod komornog. U našem slučaju učinak je bio veći cca 35%. K tome treba još dodati i veće kvarove bagera kod utovara. Razumljivo je da je i oštećenje vozila mnogo veće.

Veličina objekta i vremenski plan izgradnje glavni su faktori za određivanja kapaciteta utovarnih i transportnih sredstava. Kod velikih objekata, kao što je bio Derbendi Khan, ne bi se trebalo ići na kašike manje od 3 m³. Prednost imaju bageri na dizel pogon. Isto tako za transport poželjna su vozila od 30 t. To su još uvijek jedince, koje su podesne kod izgradnje većih kamenih brana, tim prije ako je udaljenost kamenolom — brana preko 2 km. Osim toga sa većim transportnim jedinicama manje su frekventirane saobraćajnice na relaciji kamenolom — brana, a odnos bager-vozilo bolje je usklađen.

Izbor optimalnog prečnika bušotine zavisi prvenstveno od tražene granulometrijske linije nasipa i dinamike nasipanja. Struktura i tvrdoća masiva, kapacitet utovarnih sredstava, nabavna vrijednost i ekonomičnost rada bušilica, također su faktori koje treba uzeti u razmatranje. Veći profili daju mnogo više materijala po 1 m bušotine i krupniju frakciju kod odvale. Nabavni troškovi ovih bušilica su mnogo veći. Pogon s komprimiranim zrakom najprikladniji je za gradilište.

Kod dubinskog miniranja u mekšim stijenama, kao što su vapnenci, u zadnje vrijeme se s uspjehom upotrebljava kao eksploziv amonijum nitrat ulje (umjetno gnojivo). Troškovi za eksploziv sniženi su 3—4 puta. Osim toga sigurnost kod uskladištenja i rada je povećana. Kod palenja upotreba detonirajućeg štapina u kombinaciji s spojnicama, također, daje veću sigurnost rada.

P o z a j m i š t e g l i n e. Glina je korištena sa pozajmišta udaljenog cca 3 km od brane. Na jednoj površini od cca 600 ha bilo je gline u dovoljnim količinama. Debljina naslage iznosila je 3—4 m, uglavnom tip CI i CH. S obzirom na položaj naslaga i količine, koju je trebalo ugraditi, izvođač je za iskop upotrebio elevatorni plug Euclid. Kapacitet pluga korišten je do 350 m³/sat. Vučen je sa dva traktora Allis Chalmers HD-21. Uz plug na pozajmištu bila je ova oprema:

11 kom Botton dampera Euclid LTD-25 cu. yd.
5 kom Botton dampera Euclid S-12—13 cu. yd.
1 kom Motor Grader Caterpillar, No 12
1 kom buldozer Allis Chalmers HD-21
1 kom riper Caterpillar, model 12
2 kom auto cisterna za vodu, 10—12 m³.

Na temelju izvršenih sondažnih bušotina, ustanovljeno je pružanje gline po dubini, vlažnost materijala u odnosu na dubinu, kao i kvalitet materijala, koji će se koristiti. Na osnovu tih podataka izrađen je plan korištenja pozajmišta, kojim je bio određen redoslijed eksploatiranja pojedinih površina u zavisnosti od sezone, a u želji da se što više približi optimalnoj vlazi kod ugradnje. Pored toga, da bi dobili optimalnu vlagu vršene su i korekcije na pozajmištu. U ljetnom periodu kod iskopa i transporta gubici vlage iznosili su do 6%. Da se spriječe gubici, površina pozajmišta brazdana je riperom i prskana vodom. U zimskom periodu

trebalo je smanjivati vlažnost materijala. To se postizavalo većim otkopnim dužinama, koje su dozvoljavale gubitke vlage u brazdi do ponovnog dolaska pluga. Također je i uziman tanji rez.

*Sl. 5: Elevatorni plug Euclid na pozajmištu gline*

Tokom 1960. godine, za 235 radnih dana, pozajmište je dalo 910.000 m³ gline, mjereno u jezgri brane.

Radna ekipa na pozajmištu bila je ovog sastava:

| | |
|---|---|
| Iskop | 4 budložerista i radnika |
| Transport | 13 šofera |
| Korekcija vlage | 3 šofera i radnika |
| Servis | 2 radnika. |

Godišnji prosjek učešća radne snage za 1 m³ gline, mjereno u jezgri, bio je:

| | |
|---|---|
| Iskop | 0,016 |
| Transport cca 3 km | 0,065 |
| Korekcija vlage | 0,013 |
| Servis | 0,012 |
| Ukupno | 0,11 sati/m³ |

**Glavni radovi**

S k r e t a n j e r i j e k e. U planiranoj shemi skretanja rijeke razmatrane su posebno niske vode juni-decembar i visoke vode decembar-maj. Najveće protoke od cca 1600 m³/sec javljale su se na mostu. Ljetni period od 20—50 m³/sec trebao je biti zahvaćen niskim zagatom s krunom na koti 398. Situiran je bio na uzvodnoj nožici brane. U tom vremenskom razdoblju, od 5—6 mjeseci, trebalo je izvršiti sve iskope u koritu rijeke za temelje brane i ugraditi i glinenu jezgru do kote 423 (cca 50 m visine), s potrebnim uzvodnim i nizvodnim kamenim nabačajem. Ovako izgrađeni dio brane služio bi kao zagat za veliku vodu od cca 1600 m³/sec.. Tu količinu vode s usporom do kote 423, mogla bi dva tunela propustiti bez bojazni od prelijevanja.

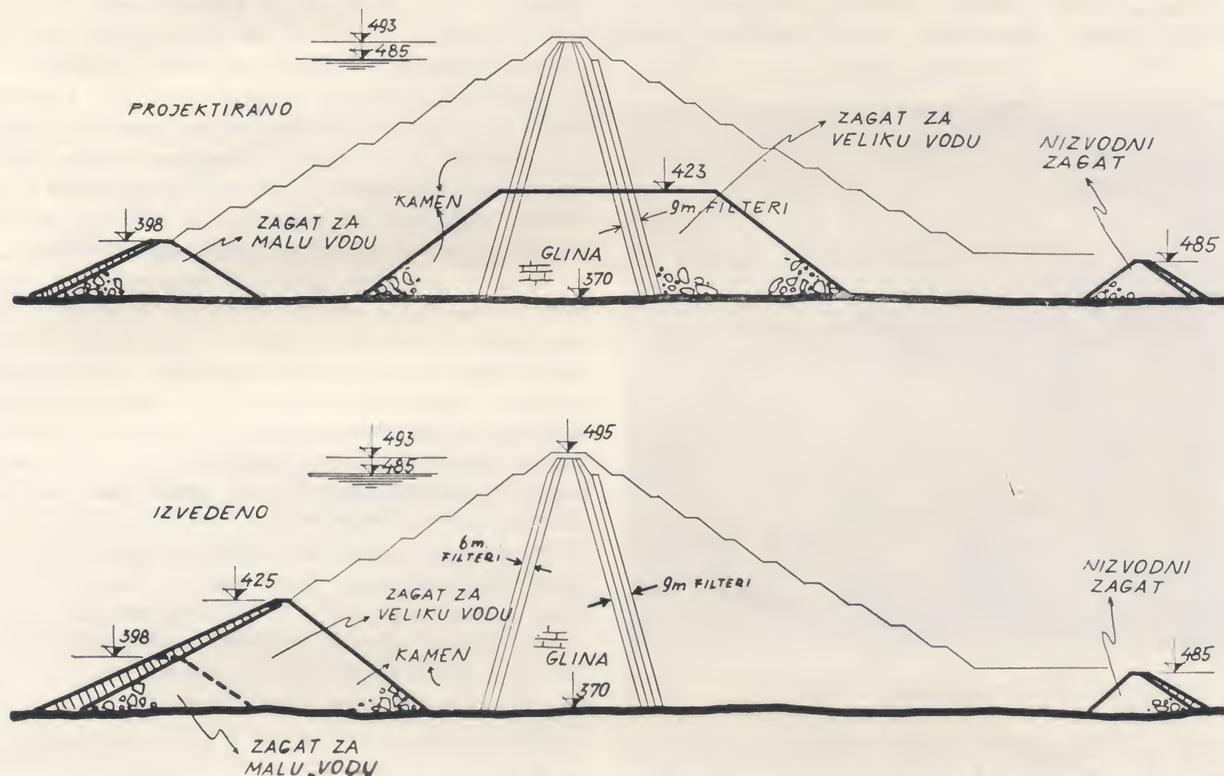
U toku izvedbe zakasnilo se s tunelskim radovima, i planirana shema je modificirana. Zagat za visoku vodu je izgrađen do kote 425, ali je pomaknut uzvodno uz samu nožicu brane. Ovo lociranje tražilo je izvedbu uzvodnog nepropusnog blanketa od gline s zaštitom pokosa kamenom. Zagat je sastavni dio uzvodnog kamenog dijela brane. Potrebne količine materijala bile su znatno manje (cca 1 milijun m³ kamena), a vrijeme izgradnje kraće. Materijal zagata bio je kamen i glina s filterskim prijelaznim slojevima. Nizvodni zagat postavljen je van tijela brane, na koti 385. U toku radova zagati za malu vodu bili su preplavljeni — prve godine — i voda je prodrla u građevnu jamu, što je izazvalo zastoje na gradilištu.

Za izolaciju pojedinoga tunela izvođeni su također nasuti zagati. Potrebno je spomenuti lakoću i brzinu s kojom je izvođač izvodio te radove. Nosivi dio bio je kamen na kojega su se naslanjali ostali materijali, po nekom dosta grubom filterskom pravilu. Nije se mnogo biralo materijale. Uzimani su s deponija od raznih iskopa. Trošni laporci pokazali su se kao vrlo dobar materijal za zaptivanje. Dimenzije u poprečnom presjeku bile su malo prevelike, međutim, to su diktirali strojevi. Materijali su kipani na krunu i nakon toga razastirani buldozerima. Zadnji sloj koji ostaje u kontaktu s vodom dosta je važan i on treba da bude od mršave lako drobive gline. Također je važno njegova ugradnja, kojoj treba posvetiti malo više pažnje. Materijala treba biti u dovoljnoj količini kada se razastire, i nikad ne sipati na mejsto gdje je materijal poprimio svoj konačni pokos u vodi.

T u n e l s k i r a d o v i. Glavni radovi su počeli iskopom tunela, koji su locirani paralelno u desnom boku. Osovinska udaljenost tunela je cca 25 m. Dosta duboki predusjeci formirali su ulazne i izlazne organe za fazu skretanja rijeke. Da bi se izbjegla jaka konstrukcija potpornih zidova, dovodni i odvodni kanali obloženi su betonom cca 50 cm debljine i pridržani ankerima $\phi$ 50 mm — dubine 3—5 m.

Brdski materijal sastojao se od vapnenih i glinovitih škriljevaca, pješčenjaka, vapnenca i lapora. Po iskopu neki od tih materijala bili su podložni raspadanju na zraku i u kontaktu s vodom.

Oblik tunela bio je kružni, a iskop u obliku potkove. Manji tunel izbijen je uglavnom u punom profilu, dok je kod većega tunela izbijena najprije kalota, a nakon toga donji dio. Po cijeloj dužini tuneli su podgrađeni jakim čeličnim prstenovima. Mjestimično su korišteni i ankeri. Naročito slabe partije obložene su odmah betonom u oporcima a betonskim kockama u kaloti. Za transport i utovar




*Sl. 6: Shema zagata*

materijala korištena su Muir-Hill dumperi od 6 t i utovarivači Eimco 105. Za donji dio većega tunela korišteni su Euclid dumperi 15 t, i bager kašike 1 m³.

*Sl. 7: Izvedba uzvodnog zagata s blanketom od gline*

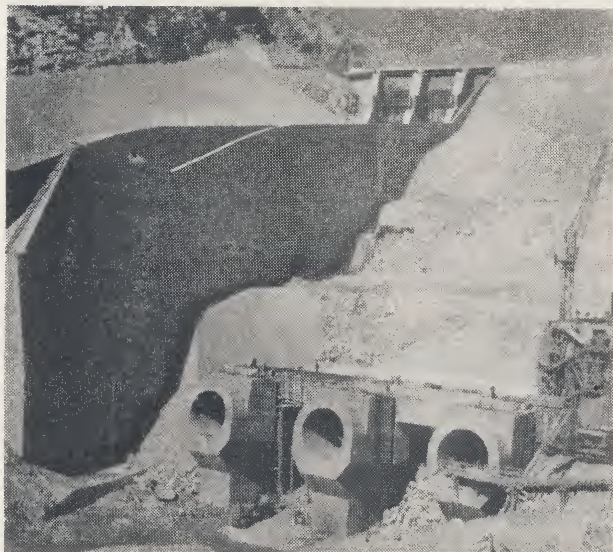
Tuneli su obloženi armirano-betonskom oblogom. Betoniranje je izvedeno u dvije faze; najprije podnožni svod a poslije oporci i kalota, upotrebom betonskih pumpa i čeličnih oplata. Prstenovi čelične podgrade nisu vađeni.

Radovi u tunelima izvedeni su kvalitetno. Pojedine dionice bile su u lošem materijalu i izbijanje jednoga većega profila širine do 10,50 m uspješno je izvršeno primjenom čelične podgrade, koje su omogućile korištenje strojeva i pokretne metalne oplate.

U završnoj fazi radova izvršen je spoj tunela s iragicionim ispustima i dovodima za buduće turbine. Na vanjskom dijelu ovih radova čelični vodovi položeni su na temelje i obloženi betonom u blokovima 8—10 m, preko kojih je kasnije ugrađen kameni nasip brane. Podzemni dio između čeličnih cijevi i stijene zapunjen je betonom i otješnjen s kontaktnim injektiranjem.

Od račvanja tunela do injekcione zavjese, u dužini cca 300 m tuneli su također projektirani s čeličnom oblogom. Vrijedno je spomenuti organizaciju rada na ovom radnom mjestu. U fazi skretanja rijeke profil većega tunela bio je 9 m. Čelična obloga imala je čisti profil 8 m, debljina lima 25 mm s jakim rebrima za ukrućenje na svakih 3 m. Limovi su savijani na samom gradilištu, montirani i zavareni u elemente od cca 9 m. Sa specijalnim transportnim uređajem elementi su prebačeni u

tunel, zatim postavljeni i zavareni. Tako je pripremljen potez od cca 150 m, nakon čega je uslijedilo betoniranje. Debljina betonske ispune bila je 50 cm. Rebra za ukrućenje visine cca 20 cm sprijećila su mogućnost pristupa betonircima za vrijeme ugradnje. U kaloti čelične obloge na svakih 6 m ostavljeni su otvori za priključak betonske pumpe. Izvođač se je dakle odlučio na betoniranje u punom profilu, na spomenutoj dužini, bez prekida. Betoniranje je počelo s jednoga kraja, priključkom pumpe na prvi otvor i kada se beton pojavio na slijedećem otvoru, cijev je priljukčena na njega. Tog momenta tlak pumpe na priključku penjao se do 10 at. Na otvorima $\phi$ 30 mm, koji su ostavljeni za priključke kod injektiranja, moglo se pratiti kretanja betonske mase. Betonska pumpa postavljena je na jednu plato prikolicu. Cijevi su montirane na skeli, koja je završavala s radnim platoom. Dotur betona s centralne betonare do pumpe bio je dumperima. Iako se pokazala izvjesna sumnja da će ovakav način betoniranja imati loših mjesta, naročito u invertu gdje postoji mogućnost stvaranja zračnih džepova, izvođač je preuzeo na sebe potpunu odgovornost za eventualne naknadne troškove kod saniranja. Kasnija kontaktna injektiranja pokazala su normalna gutanja. Presudnu ulogu odigrao je kvalitet i konzistencija betona, te pravilan raspored otvora za priključke pumpe. Upotrebljen je riječni šljunak s maksimalnim zrnom 15 mm.



*Sl. 8: Irigacioni ispusti*

N a s u t a k a m e n a b r a n a. Po operativnom planu za nasipanje brane predviđeno je 2 godine. Izvođač je u tome uspio, zahvaljujući solidno izvedenim pripremnim radovima. Kod razrade plana nasipanja riješenja je mogućnost stalne ugradnje kamenoga nasipa. U kišnom periodu, kada nije bilo moguće ugrađivati glinu, nasipane su kamene zone uz pokose, a zatim zone uz samu glinu, u visini 10—15 m iznad kote gline. Kod paralelne ugradnje kamena i gline forsiran je kameni nasip u širini, koja je trebala osigurati ugradnju jezgre do planirane visine za tu sezonu, do kišnog perioda.

Ovako postavljena shema nasipanja kamenih brana s centralnom postavljenom jezgrom omogućuje kontinuiranu ugradnju kamenog nasipa i ublažuje donekle prednost, koju imaju iste brane s uzvodnim nepropusnim slojevima, s obzirom na mogućnost masovne ugradnje kamenog nasipa.

Shodno specifikacijama i preporukama, upotrebljene su dvije metode nasipanja kamena. Čelno nasipanje u visokim etažama s ispiranjem i nasipanje »bafer« zona u slojevima 0,80—1 m bez polijevanja. Kod čelnog nasipanja u visokim etažama zadržana je najmanja visina 9 m, dok je najveća visina iznosila do 25 m. Izuzetak je bio dio kamenoga nasipa uz krunu, gdje je visina etaža iz izvedbenih razloga bila manja.

Kamen je ispiran konzolnim hidromonitorima, mlazom upravljenim okomitom na nasip. U principu, ispiran je pojas 2—3 m, širine od ruba nasipa prema dolje, gdje se najviše zadržavala sitnež. Površina svake etaže bila je pripremljena radi boljeg kontakta sa slijedećim slojem: Najprije je izvedeno brazdanje s riperom, a zatim sitnež isprana s hidromonitorima. Prema frekvenciji pojedinog radnog mjesta, mlaznica hidromonitora bila je 50—70 m, tlak 7 at. Zahtjev postavljen specifikacijama da količina vode treba biti tri puta veća od ugrađenoga kamena, održan je tokom cijele

*Sl. 9: Transport čelične obloge za 9 m tunel*

*Sl. 10: Shema nasipanja brane*

gradnje. Kod mjesečne ugradnje oko 300.000 $m^3$ nasipa, korišteno je 5—7 hidromonitora.

Da bi se dobile ove relativno velike količine vode, izgrađeno je pumpno postrojenje na rijeci, nizvodno od brane. Brojem instaliranih pumpa i hihromonitora dobile su se željene količine vode i pritisci. Dvije vertikalne dubinske pumpe svaka 22 $m^3$/minut, H = 75 m, crpile su vode iz rijeke kroz cijelo vrijeme građenja. Da bi se svladale visine, postavljene su tri relejne pumpe na visinskim razlikama do 30 m. Po gradilištu razvedena je mreža čeličnih vodova ⌀ 400—200 mm. Od glavnih vodova do hidromonitora upotrebljene su gumene cijevi ⌀ 150 mm. Ekipa od desetak montera i radnika održavala je, montirala i prebacivala vodove.

*Sl. 11: Ugradnja kamenog nasipa*

Uz filtere, nasipanje je izvedeno u niskim slojevima bez polijevanja. Poslije kipanja sloj je poravnan buldozerom. Širina tih zaštitnih zona kretala se 6—10 m, koliko je bilo potrebno za rad strojevima. U pravilu u ove »bafer« zone ugrađivan je sitniji materijal. Prije ugrađivanja novog sloja, površina donjeg je isprana.

Temeljenje brane, kako smo već spomenuli, tražilo je velike iskope na bokovima. Nakon tih iskopa i skretanja rijeke pristupilo se iskopu i pripremi temelja u samom koritu. Građevna jama bila je potpuno suha, i nije bilo poteškoće kod ugradnje prvih slojeva gline. Naročita pažnja bila je posvećena uređenju površina ispod jezgre na bokovima. Težilo se dobiti ravne glatke plohe odgovarajućih nagiba i izbjeći nadvjese i udubljenja. Materijal bokova, nakon iskopa izložen na zraku, bio je poslije kratkog vremena podložan trošenju i raspadanju. Da bi se to izbjeglo, završni iskop i čišćenje organizirano je u etažama 4—5 m, a kako je napredovala ugradnja gline, pripremana je definitivno podloga u visinama po 1 m. Ovim postupkom glina je ugrađena na čvrstu i zdravu podlogu, koja je omogućila dobar kontakt. Prije ugrađivanja kamenoga nabačaja, a nakon iskopa, površine su pokrivene blanketom od šljunka debljine 0,60—1 m.

Ugrađivanje glinene jezgre bilo je vezano za rješenje saobraćaja između nizvodnog i uzvodnog dijela gradilišta. Do kote 425 bile su izgrađene ceste na bokovima. Poslije te kote saobraćaj je održavan preko nasutog dijela brane. U toku građenja prelazi su najčešće sjekli glinenu jezgru uz bokove, a nekada negdje po sredini. Takav prijelaz korišten je istovremeno samo jedan, i bio je uvjetovan dinamikom napredovanja gline i kamena. Kod razrade sheme nasipanja položaj prijelaza, kota i vrijeme korištenja diktirali su površine, na kojima se može ugrađivati glinena jezgra. Ovi momenti utjecali su, dakle, na dispoziciju prijelaza, a ovaj je rješavao ujedno i saobraćaj između uzvodnog i nizvodnog dijela gradilišta.

Nakon opita na probnim poljima, usvojeno je 8 prijelaza ježom s visinom sloja 15 cm. Visina bodlje ježa bila je 20 cm, površina oko 38 $cm^2$, a opterećenje cca 35 kg/$cm^2$. Slojevi su ugrađivani horizontalno. Prije ugrađivanja novoga sloja površine se hrapavi, lagano prska i nakon toga nanosi materijal. Preko novonanešenog sloja a prije zbijanja, nastojalo se izbjeći saobraćaj vozilima preko neizvaljanih površina, a time i pojavu površinskog zbijanja sloja. Ova se često javlja kod upotrebe teških transportnih jedinica. U ovakvim slučaje-

vima potrebno je nanešeni sloj izbrazdati, nakon čega će kod prvoga prijelaza ježa početi normalno zbijanje sloja, oddozdo prema gore.

Uz bokove, glina je zbijena ručnim pneumatskim nabijačima. U tom pojasu širine 0,50—1 m glina je imala veću vlagu radi boljeg kontakta. Uz bokove stalno je radila ekipa od 10—15 radnika. Imala je zadatak pripremiti površinu za ugradnju i nabijati glinu.

*Sl. 12: Ugradnja gline i filtera pri kruni brane*

Filteri su ugrađivani paralelno s glinom. Širina pojedinog filterskog sloja bila je 3 m. Materijal se prebacivao s Euclid dumperima od 15 t. Jedna kola iskipana su na 2—3 hrpe, nakon čega je buldozerom materijal razastrt i poravnan. Materijal je doturan uvijek preko glinene jezgre, tako da je kod istovara trećega filterskog sloja vozilo zbijalo prvi i drugi sloj. Visina tako zbijenih slojeva bila je 15—20 cm. Kod zbijanja gline jež je hvatao oko 0,5 širine prvi filterski sloj.

Dinamika ugradnje nasipa bila je:

Tokom 1959 godine ugrađeno je ukupno 1,2 milijuna m³ nasipa. To je uglavnom bio kameni nasip uzvodnog zagata. Glina je ugrađena do kote 405, i time izvučena iz korita. U toku 1960. godine operativnim planom nasipa predviđena je kota 460. U toj godini ugrađeno je 2,9 milijuna m³ kamenog nasipa, 0,9 milijuna m³ gline i 0,3 milijuna m³ filtera, dakle ukupno 4,13 milijuna m³ nasipa. Mjesečni prosjek bio je 345.000 m³ nasipa. Maksimalna mjesečna ugradnja 526.000 m³, dnevno prosjek u tom mjesecu 18.000 m³/dan. U 1961. godini ugrađen je ostatak od 1,87 milijuna m³ nasipa, i u novembru iste godine brana je završena.

Ranije je spomenuta mehanizacija koja je bila vezana za kamenolom, pozajmište gline i separacije. Pored te, na brani radili su i ovi strojevi:

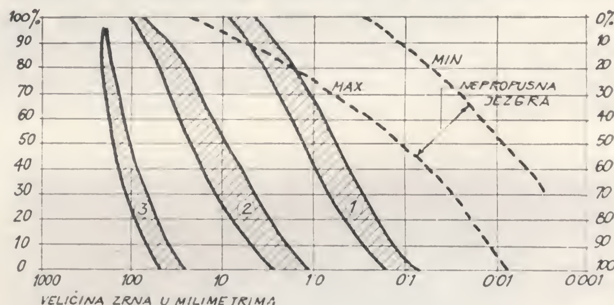
| | |
|---|---|
| Buldozeri: Allis Chalmers HD-21 i Caterpillar D4, D6, D8 | kom 3 |
| Motor grader Caterpillar No 12 | kom 1 |
| Utovarivač Michigan 175 | kom 1 |
| Bager motikar Bucyrus 54-E | kom 1 |
| Riper Caterpillar model 12 | kom 1 |
| Ježevi s dva bubnja, Gerhard H 120 i American model 96 | kom 4 |
| Pneumatski ručni nabijači Thor 66-T | kom 15 |
| Rotacioni kompresori Jaeger 600 | kom 4 |
| Hidromonitori ∅ 50—70 mm | kom 8. |

Godišnji prosjek učešća radne snage kod ugradnje pojedinih materijala bio je:

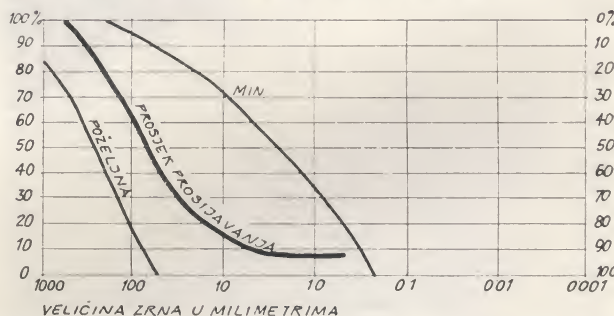
| | |
|---|---|
| ugradnja kamena | 0,075 sati/m³ |
| ugradnja gline | 0,13 sati/m³ |
| ugradnja filtera | 0,06 sati/m³. |

Nadzorna služba imala je geomehanički laboratorij, koji je pratio kvalitet materijala na pozajmištima i njihovu ugradnju. Zbijenost gline kontrolirana je po Proctorovoj metodi, a filtera metodom relativne zbijenosti. Granulometrijski sastav materijala vidi se iz slike.

GRANULOMETRIJSKE KRIVULJE FILTERA I GLINE




GRANULOMETRIJSKA KRIVULJA KAMENA




*Sl. 13: Granulometrijske krivulje materijala, koji su ugrađeni u branu*

P r e l i v. Na gradilištu je ugrađeno oko 400.000 m³ betona. Pored tunela, strojarnice, ulaznih i izlaznih građevina, najveći objekat bio je preliv. Izveden je u armiranoj konstrukciji. S obzirom da je postavljen uz vrlo strmi desni bok, s dosta velikim visinskim razlikama po podužnoj osi, organizaciju betoniranja trebalo je provesti po detaljno

razrađenom planu. Izvođač je bio postavio kabl kran, kojega praktički nije koristio. On je ustupio mjesto pojedinačnim bager dizalicama, s granama dužine do 30 m i Euclid vozilima s košem za 4 m³ betona. Na ovaj način, uz pomoć privremenih prilaza beton je prebačen do mjesta ugradnje. Sadržaj korpa za beton bio je 0,5—2 m³. Kod betoniranja korišteni su zračni pervibratori ⌀ 200 mm. Objekat je izveden u blokovima visine 1,5 m, da bi se izbjegle prsline uslijed termičkih uticaja kod vezanja betona. Iz istih razloga njezi betona bila je posvećena velika pažnja. Svježi betoni vlaženi su sistemom perforiranih polivinilskih cijevi. Za vrijeme ljeta nije se betoniralo u vrućim satima. Na radnim i konstruktivnim reškama ugrađena su gumena brtvila. Radne reške bile su obrađene mlazom vode i zraka. Oplate su bile uglavnom metalne, konzolnog tipa.

Postavljena organizacija kod betonskih radova omogućila je istodobno betoniranje na 3—4 radna mjesta. Sa tri bager dizalice Bucurys 71-B i osam Euclid vozila, dnevna ugradnja penjala se do 1000 m³/dan. Na gradilištima nasutih brana, gdje ima dosta i betonskih radova raspoređenih na nekoliko objekata, prijenos betona vozilima i bager dizalicama može se s uspjehom primijeniti, tim prije što se operativnim planom može predviditi korištenje tih bagera i na zemljanim radovima.

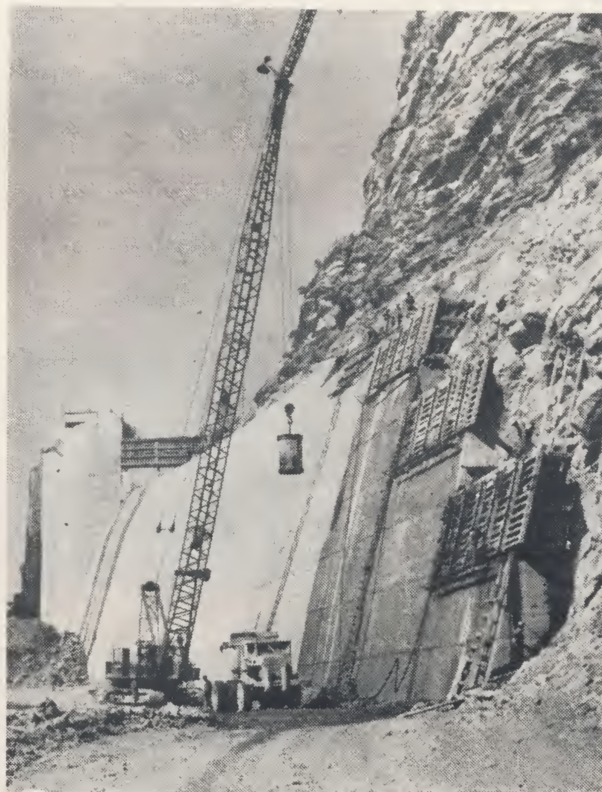
**O mehanizaciji na gradilištu**

Presudnu ulogu u izvedbi projekta Derbendi Khan odigrala je mehanizacija. Izvođač je uspio mehanizirati sve procese rada. Velike mase iskopa, transport od pozajmišta do brane i ugradnja nasipa ne bi se mogli zamisliti bez strojeva koje je izvođač posjedovao. Uz to, imao je i kadrove koji su stekli iskustvo na ranijim sličnim objektima. Svaki od njih ovladao je rukovanjem nekoliko strojeva. U tom su poslovođe bile primjer. Intervencije u slučaju kvarova bile su brze. Posebne servisne ekipe vršile su stalni nadzor na pojedinim grupama strojeva, podmazivale su ih i snabdjevale gorivom. Gradilište je imalo radionice za najveće remonte, i skladišta s bogatim asortimanom rezervnih dijelova. Grupe pojedinih strojeva bile su od iste firme i istoga tipa, većinom emeričke proizvodnje. Tako su bageri bili Bucurys Erie Compani, buldozeri Allis Chalmers, grejderi Caterpillar, utovarivači Eimco i Michigan, vozila Euclid, bušilice Ingersoll Rand i kompresori Jaeger.

Prateći rad mehanizacije i postignute učinke pojedinih strojeva, nije na odmet spomenuti nama već poznate činjenice kod korištennja strojeva u građevinarstvu:

Na velikim gradilištima kao što su nasute brane, dobro prostudirana organizacija mehaniziranog građenja vodi uspjehu kod građenja. Količine radova u projektu i rok završetka uvjetuju red veličine opreme gradilišta. Ekonomičnost mehaniziranog građenja bazira se na izboru kvalitetnih i kroz praksu provjerenih strojeva, koji moraju biti dobro održavani i snabdjeveni potrebnih rezervnim dijelovima. Po mogućnosti za pojedinu vrstu radova nabavljati isti tip strojeva. Ovo pruža veliku prednost kod održavanja i rukovanja. Kod hidrogradnja, gdje je izgradnja pojedinih objekata vezana za sezonu, potrebno je sa najvećom pažnjom razmotriti rezervu u strojevima. U slučaju novih investicija za opremu, potrebno je voditi računa o

*Sl. 14: Izvedba preliva*



*Sl. 15: Izvedba preliva*

daljnjem korištenju strojeva, eventualno i za manja gradilišta.

Na gradilištima s jakom opremom, organizaciji održavanja strojeva potrebno je posvetiti veliku pažnju. Stroj je tek onda ekonomičan kad stalno radi, tj. kad je bez čestih kvarova. Pored pravilnog rukovanja, to omogućuje stalni stručni nadzor i servis. Za pojedini stroj treba naći vremena za njegov redovni remont. Rad s dotrajalim strojevima često dovodi u pitanje uspjeh na gradilištu. Investiranje u takve strojeve smatra se loša praksa, i treba ih zamijeniti novim.

Svaki izvođač želi što je moguće prije amortizirati građevinske mašine. To je jedan od razloga da budu uvijek sposobne za rad. Rad u dvije smjene uvjetuje mogućnost punog iskorištenja strojeva, a da se još uvijek ima vremena za održavanje. Radom u tri smjene, strojevima se redovno poklanja mala pažnja a rezultat su česti kvarovi i kratak vijek trajanja.

Ekipe uz strojeve moraju potpuno ovladati građevinskim mašinama. Jedan dobar rukovalac strojeva mora znati raditi s jednom grupom strojeva, kao što su buldozer, grejder utovarivač i bager. Pored ranije spomenutoga, učinak stroja zavisi od njegove produktivnosti. Kod velikih zemljanih radova, kadar poslovođa treba da se regrutira od ljudi, koji poznaju rukovanje strojevima i znaju što stroj može dati, pa makar oni bili »strojari«, kako ih mi zovemo u našim građevnim poduzećima.

## *Kratke vijesti*

### Izgradnja fabrike cementa u Goraždu

Fabrika azotnih jedinjenja u Vitkovićima kod Goražda počela je izgradnju fabrike cementa u koju će investirati oko 840 milijuna dinara iz vlastitih sredstava.

U toku su građevinski radovi i nabavka potrebnih strojeva, uglavnom domaće proizvodnje. Planirano je da cementarna bude gotova do kraja 1964, a u pogon će biti puštena u januaru 1965.

Fabrika će u proizvodnji cementa koristiti kao glavnu sirovinu otpadnu šljaku Fabrike azotnih jedinjenja. Razna ispitivanja vršena u našoj zemlji i inozemstvu pokazala su, da se od ove šljake, uz dodavanje prirodnih sirovina: gipsa i krečnjaka, može proizvoditi nekoliko vrsta cementa odlične kvalitete.

Građevinska poduzeća u Bosni i obližnjim zapadnim dijelovima Srbije zainteresirana su za kupovinu cementa u budućoj Cementarni Goražde, jer će zbog male udaljenosti moći da ostvare znatne uštede u transportnim troškovima. *R. P.*

### Građevinarstvo u Sedmogodišnjem planu

Savjet za građevinarstvo Savezne privredne komore razmatrao je nedavno informaciju o pripremama za izradu Sedmogodišnjeg plana, i usvojio elaborat:

»Uslovi i pravci razvoja građevinarstva — teze za izradu plana od 1964. do 1967. godine.«

Elaborat je pripremila stručna radna grupa za izradu koncepcije razvoja građevinarstva. Stručna radna grupa pripremila je prvi nacrt Sedmogodišnjeg plana. Ona je smatrala da osnovno pitanje na koje treba dati odgovor u prvoj fazi rada glasi: »Šta bi trebalo učiniti da naša izgradnja u narednom periodu bude brža, jeftinija i racionalnija«, uslijed čega se i opredjelila za takav pristup elaboratu i području istraživanja.

Materijal je dat u slijedećim poglavljima: Uvod, Polazne osnove, Dosadašnji razvoj građevinarstva, Osnovni ciljevi i zadaci, kao i Tendencije i pravci razvoja građevinske tehnike i tehnologije u svijetu i kod nas.

Savjet za građevinarstvo SPK konstatirao je, da je ovaj materijal dobro obrađen, ali da bi u daljoj razradi trebalo posebno istači još neka pitanja: Položaj, razvoj i značaj industrije cementa — Ostvarenje šireg asortimana i bolje kvalitete građevinskih radova — Zadaci u vezi s izgradnjom visokonaponskih dalekovoda — Sistem školovanja kadrova, naročito na fakultetima. *R. P.*

### Razvoj integracije u građevinarstvu Hrvatske

U posljednjim godinama građevinarstvo Hrvatske zauzima jedno od najistaknutijih mjesta u sistemu privređivanja. Ostvareni su opsežni zadaci. No, put ka većim uspjesima kočilo je manje uspješno rješavanje organizacionih problema.

O temi integracije u građevinarstvu ponovno se ljetos govorilo na savjetovanju u Zagrebu.

U Hrvatskoj djeluje više od 500 registriranih privrednih organizacija građevinske struke. Toliki broj ne bi bio na odmet, da su sva ova poduzeća organizaciono sređena, tehnički i kadrovski dobro opremljena; ali većina njih ima nisku produktivnost rada, ne raspolaže potrebnom opremom, a tehnološki im je proces uglavnom zanatski.

Poseban problem predstavljaju poduzeća za završne radove, kojih u Hrvatskoj ima oko 250, a od toga najveći broj na području Zagreba. Ta bi poduzeća tremalo objediniti u nekoliko većih i sposobnijih grupa, koje bi bile dobro organizirane, pa ne bi došlo do zatezanja sa završnim radovima ,a objekti bi bili brže predani na uporabu.

Sada se, međutim, u okviru izrade projekcija Sedmogodišnjeg plana SFRJ i SR Hrvatske izrađuju i mnoge analize, koje imaju za cilj ubrzanje integracionih procesa u građevinarstvu. *R. P.*

### Nova zgrada telekomunikacija u Novom Sadu

Krajem septembra u Novom Sadu je svečano otvorena i predata upotrebi novosagrađena zgrada telekomunikacija.

Suvremenu dvanaestokatnicu su projektirali Dragiša Brašovan i Đorđe Fabaković.

Gradnja ove, zasad najviše zgrade u Novom Sadu, koštala je oko 900 milijuna dinara. Postavljanjem automatske tranzitne telefonske centrale omogućit će se direktna veza s Beogradom, a kasnije i s drugim gradovima. *R. P.*

**U gradnji je pruga širokog kolosijeka Čačak—Požega**

Započela je gradnja željezničke pruge normalnog kolosijeka Čačak—Užička Požega, dužine 32 km. O planu izgradnje ove pruge objavili smo vijest već ranije. Sada ćemo iznijeti tehničke podatke.

Predviđeno je da se izgradnja dovrši u 1966. god., i odmah pruga pusti u saobraćaj. Pruga će biti osposobljena za brzine do 100 km.

Sredstva za gradnju osiguralo je ŽTP Beograd, dijelom iz vlastitih izvora, a dijelom iz kredita.

Trasa nove pruge ide uglavnom pored sadašnje pruge, a djelomično će koristiti i njen donji stroj. Međutim, da bi se izbjegla stješnjenost u Ovčarsko-Kablarskoj klisuri, kojom prolazi i nova, moderna cesta Beograd—Zlatibor, nova trasa zahtijeva gradnju šest tunela, a osim toga bit će sagrađena i tri veća mosta preko Zapadne Morave.

Iako se ni sada ne može osporiti potpuni ekonomski značaj ove pruge, to će još više doći do izražaja kad se potpuno izgradi projektirana pruga Beograd—Bar. Time će istočni i južni krajevi zemlje dobiti znatno kraću vezu sa Jadranom. Osim toga, pruga Čačak—Požega predstavlja i početnu dionicu tzv. željezničke magistrale »južno od Save«: Čačak—Požega—Kosjerić—Valjevo—Zvornik—Tuzla—Banjaluka, koju će se u perspektivi graditi. Ta magistrala bila je projektirana još prije rata i na nekim dionicama bili su izvođeni zemljani radovi.

*R. P.*

**U nekoliko redaka ...**

Za PUT POJATE — KRUŠEVAC, završeni su pripremni radovi i počela je gradnja. Put će biti dug 24 km, a za njegovu gradnju — koja će trajati dvije godine — utrošit će se milijardu i po dinara.

U ČAKOVCU je počela gradnja velikog silosa, koji će moći da primi 6800 t žitarica. Iznad silosa sagradit će se rezervoar za čakovečki vodovod. Silos će biti završen u oktobru. Ovaj će objekt biti visok 50 m, a za njegovu gradnju utrošit će se 217 milijuna dinara.

BEOGRADSKI »ENERGOPROJEKT« izgradio je drugu HE u Togu (Afrika), koja je nedavno puštena u rad.

GRADSKI FOND ZA STAMBENU IZGRADNJU U ZAGREBU raspisao je u julu natječaj za prodaju 3400 stanova, te zaključio drugi konkurs za izgradnju i dovršenje poslovnih prostorija. Ove godine fond je za to odvojio oko 700 milijuna dinara, kako bi se što prije popunila praznina u novim naseljima i poboljšala opskrba u drugim dijelovima grada.

U ZAGREBU je na Dan Ustanka — 27. VII puštena u pogon novosagrađena sljemenska žičara.

U IDUĆIH 7 GODINA U ZAGREBU bi se prema urbanističkim koncepcijama najviše stanova izgradilo u južnom dijelu i području Trnja: na desnoj obali Save oko 16.000, a južno od željezničke pruge oko 10.000 stanova. Takva orijentacija stambene izgradnje povlači za sobom i uređenje komunalija, među kojima su svakako veoma važne saobraćajnice koje će povezivati nove dijelove grada sa starim.

U KNINU je izgrađen za mjesnu bolnicu novi, moderni, interni, dječji i ginekološki odjel. To je ostvareno podizanjem bolničke zgrade za još jedan kat.

TURISTIČKI PLAN DUBROVNIKA (sedmogodišnji) morat će pretrpjeti izmjene: trebat će graditi više nego što se planira. Na tu potrebu oštro upozorava sve veća potražnja prostora za smještaj.

NA PANČEVAČKOM MOSTU pušten je 7. jula u saobraćaj cestovni kolovoz, a time je potpuno pušten u pogon ovaj objekt.

R. P.

**Jedna korisna racionalizacija pri građenju**

(čelični cijevni nogari — kavalete)

Na našim gradilištima još su često u upotrebi drveni nogari »koze«, koji su u primjeni glomazni i teški, kratkog vijeka i skupi zbog visoke cijene drvene građe.

Ovi klasični nogari ne mogu se podešavati prema veličini prostorije, teško se prenose u radne prostorije i hodnike.

Zato je za pozdraviti pojavu nogara, izrađenih od čeličnih cijevi sa mogućnošću podešavanja visine, koje proizvodi za tržište poduzeće za obradu metala »OBRADA« iz Čapljine.

Ovi nogari rade se u širini do 1,5 m, a maksimalna visina dizanja je 2,5 m. Jedan nogar teži cca 40 kg, a zauzima mali prostor pri smještaju i prijenosu jer se može rastaviti. Mogu se podešavati na razne visine, dovoljne za današnje visine etaža.

Primjerenost cijene od 44.000.— dinara po jednom paru nogara, također je povoljno utjecalo da ih sve češće susrećemo na našim gradilištima.

Tako se ova racionalizacija kod sitnije građevinske opreme može toplo pozdraviti jer nagla primjena u građenju dokazuje njenu korisnost.

*M. Jančiković*

*Sajmovi i izložbe*

## STALNA IZLOŽBA I DEMONSTRACIONI CENTAR STROJEVA I OPREME ZA GRAĐEVINARSTVO

Na Beogradskom sajmu otvorena je 29. VI 1963. Stalna izložba i demonstracioni centar strojeva i opreme za građevinarstvo i industriju građevinskog materijala, koju organizira poslovno udruženje »Grameks« iz Beograda. Izložba je smještena na otvorenom prostoru iza hale I sajmišta, s privremenim biroom u paviljonu IMT.

Još kada je 1960. godine na Beogradskom sajmu održan I međunarodni sajam građevinarstva, bilo je govora o tome da se na sajmištu organizira stalni centar za prikazivanje građevinske mehanizacije i opreme. Za to, međutim tada još nisu postojali svi uslovi, pa je realizacija ove ideje odložena. Kada je osnovano poslovno udruženje proizvođača i opreme za građevinarstvo i industriju građevnog materijala »Grameks«, koje učlanjuje ili na drugi način okuplja sve važnije proizvođače ove robe, obnovljeni su razgovori o stvaranju specijalizirane izložbe trajnog karaktera.

Krajem aprila ove godine na Beogradskom sajmu su se sastali članovi poslovnog udruženja »Grameks« s predstavnicima ostalih zainteresiranih poduzeća, institucija i državnih organa. Tada je jednoglasno donijet zaključak da se odmah poslije VII sajma tehnike u Beogradu pristupi organiziranju Stalne izložbe i demonstracionog centra na Beogradskom sajmu i da nosilac organizacije rada Izložbe bude »Grameks«, u suradnji s Beogradskim sajmom, Stalnom izložbom građevinarstva, Iinstitutom za ispitivanje materijala i drugim nadležnim institucijama i organima.

Učestvujući na VII međunarodnom sajmu tehnike, »Grameks« je već tada prikazao jedan dio programa eksponata koji će se nalaziti na Izložbi. Međutim, Izložba će biti bogatija od tog programa, jer se među njenim eksponatima nalaze i uređaji koji na Sajmu nisu izlagani, a stalno će se dopunjavati novim proizvodima, odnosno usavršenim tipovima opreme koja se već prikazuje. Stalni karakter Izložbe iziskuje da ona uvijek bude slika proizvodnog programa u datom trenutku i da interesenti na njoj uvijek nalaze ono što im udruženi proizvođači mogu da isporuče.

Program izložbe predviđa:

— podsticanje plasmana opreme za građevinarstvo i industriju građevnog materijala na domaćem i stranom tržištu;

— pružanje informacija komercijalno-tehničkog karaktera;

— kontakte sa stranim privrednim delegacijama i kupcima i olakšavanje sačinjavanja robnih lista za međunarodnu razmjenu;

— upoznavanje korisnika ove opreme s kompleksnom proizvodnjom, kao i razmjena iskustava u eksploataciji;

— kontakte između proizvođača radi unapređivanja proizvodnje, usklađivanja proizvodnih programa, klasifikacije i tipizacije asortimana i specijalizacije u proizvodnji;

— ispitivanje konstrukcija i eksploatacione vrijednosti strojeva — atestiranje kod nadležnih instituta i organiziranje naučnoistraživačkog rada;

— održavanje seminara i kurseva za osposobljavanje kadrova za rukovanje i održavanje strojeva i opreme.

Metode rada Stalne izložbe i demnostracionog centra strojeva i opreme za građevinarstvo i industriju građevinskog materijala, proizlazi iz navedenog programa, bit će komercijalno poslovanje i tehnička suradnja s proizvođačima i korisnicima. U tom cilju u birou Izložbe na sajmištu stalno će raditi grupa komercijalnih i tehničkih stručnjaka. Posebno tehničko osoblje za neposredno prikazivanje strojeva u radu, uvijek će biti spremno da stavi u pogon strojeve na mjestu na kojem su izloženi, a ako se želi vidjeti i njihovo neposredno djelovanje, u dnu sajmišta stoji na raspolaganju mali poligon gdje će se moći kopati, riljati, dizati terete i sl., jednom riječi, gdje će se strojevi podvrgavati detaljnijim pokusima. *M. Jančiković*

# PREFABRIKATI

ZAKLJUČKOM REDAKCIJA ČASOPISA PREFABRIKATI I GRAĐEVINARA, PREFABRIKATI ĆE IZLAZITI U SASTAVU NAŠEG LISTA. MOLIMO ZA SURADNJU.
UREDNIŠTVO.

## INDUSTRIJALIZACIJA STAMBENE IZGRADNJE U FRANCUSKOJ

Ing. **Milan Kružićević**, Zagreb

Važno mjesto u industrijalizaciji stambene izgradnje u Francuskoj zauzimaju sistemi koji za izradu montažnih elemenata upotrebljavaju pretežno ili isključivo elemente od pečene gline, odnosno opeke, koja se proizvodi specijalno za ove svrhe.

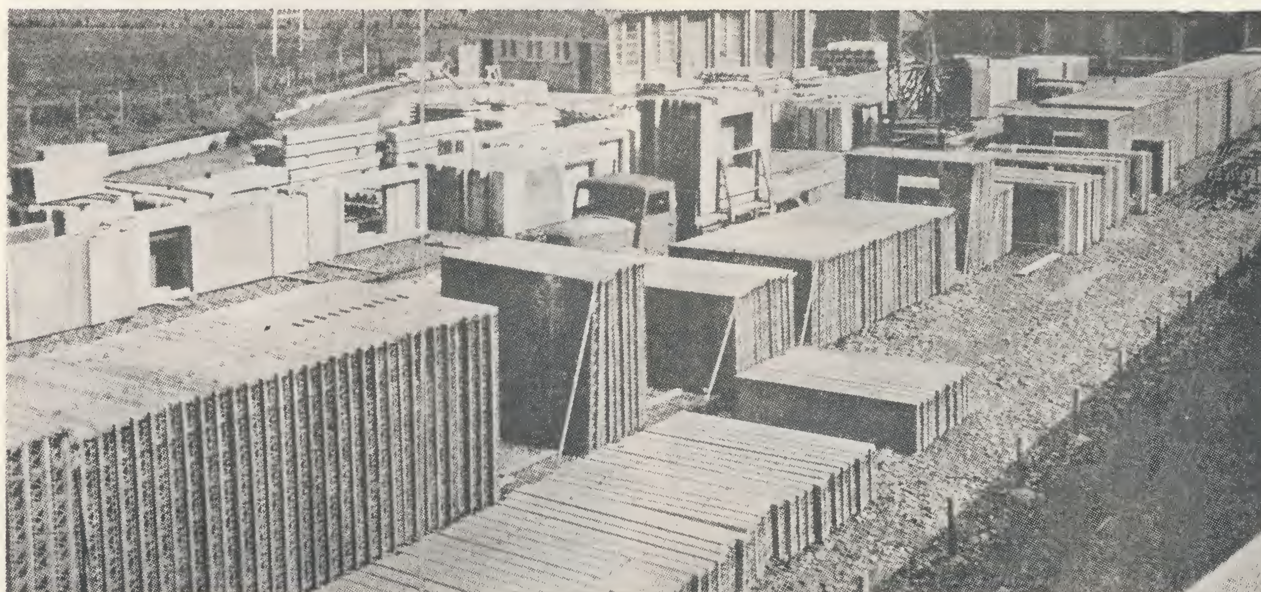
Dva sistema ove vrste poznati su pod imenom S. FIORIO i VERAN GOSTAMAGNA.

Sjedište poduzeća Fiorio nalazi se u predgrađu Pariza. Međutim postoji čitav niz tvornica koje rade po licenci ove firme.

Sjedište firme Veran Costamagna nalazi se na jugu Francuske u gradu Cagnes-sur-mer.

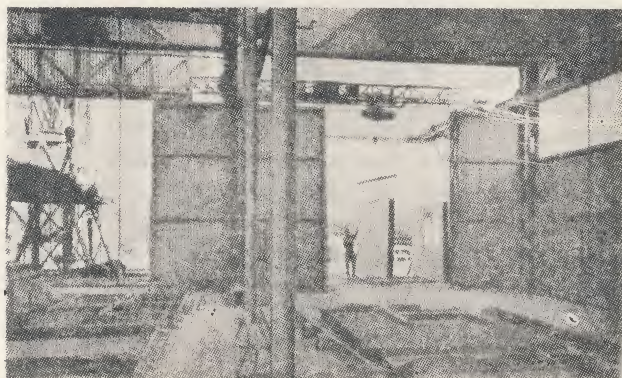
Ovdje će biti govora o sistemu »**FIORIO**«:

Ova tehnička prefabrikacija primjenjena je prvi puta godine 1947. Stečena iskustva omogućila su efikasno rješenje svih detalja i operacija u svim stadijima izrade i montaže. Ovi postupci odnosno načini izgradnje, koji su zaštićeni u Francuskoj i inostranstvu, pronalasci su inženjera umjetnosti i manufakture Mm Georgea Fiorio te inženjera Henri



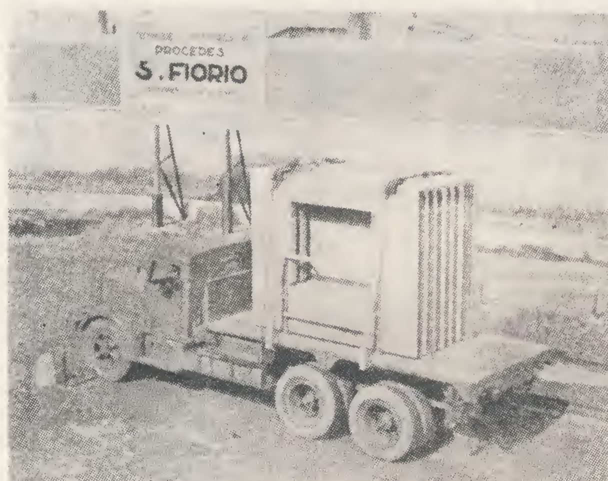
*Sl. 1: Skladište elemenata*

Fiorio, profesora na školi za javne radove. Pronalasci se sa lakoćom mogu primjeniti u raznim arhitektonskim oblicima bez ograničenja visine.



*Sl. 2: Odvoz elemenata iz hale*

*Sl. 3: Hala za proizvodnju stropnih panoa*

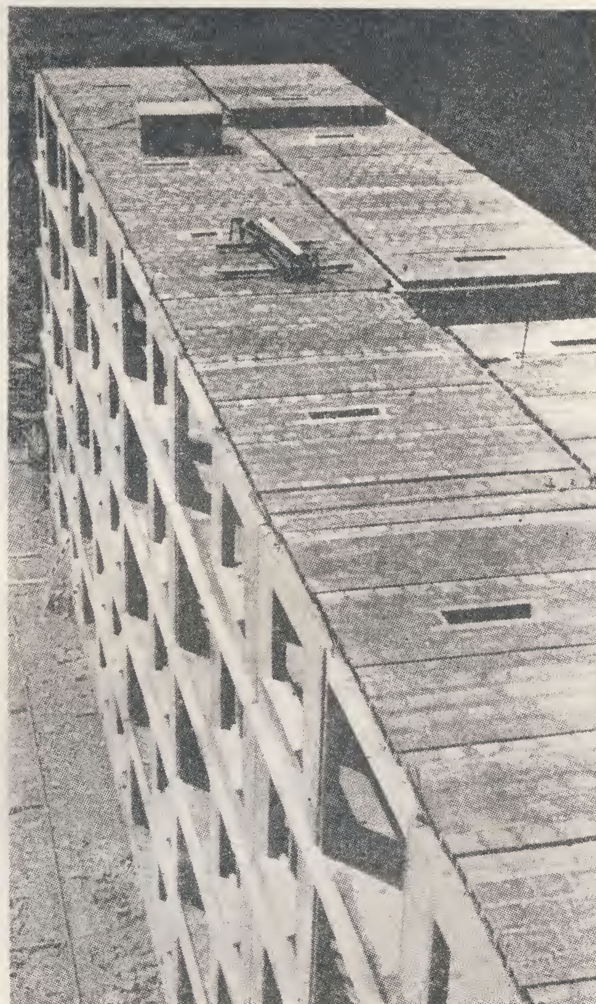



*Sl. 4: Transport elemenata*

Kao i svi ostali sistemi montaže i ovi sa opekom najprije su dobili saglasnosti od Naučnog centra za zgradarstvo (Centre scientifique et Technique du Batiment), a zatim službenu dozvolu Ministarstva za konstrukcije i stambenu izgradnju te Ministarstva nacionalne izgradnje.

Upotreba šupljih tijela od pečene gline dominantna je u ovom sistemu. Svi elementi finalno se izrađuju u tvornicama tako da se na gradilištu vrši jedino montaža.

*Sl. 5: Montaža 5. etaže*



*Sl. 6: Strop 5. etaže*

Sistem se sastoji od ovih elemenata: zidni, stropni, pregradni, razni blokovi te stubišni krakovi.

Prednosti upotrebe tijela od pečene gline su ovi:

— velika lakoća elemenata povećava ekonomičnost i ne zahtjeva tešku mehanizaciju pri rukovanju i dizanju elemenata,

— zidni i stropni elementi izrađuju se od istog materijala čime se postiže velika homogenost koja znatno utiče na stabilnost konstrukcije,

*Sl. 7: Fasada peterokatnice*

— toplinski koeficijent stropova i zidova je vrlo povoljan. Specijalni oblik elemenata od pečene gline sa mnoštvom šupljina omogućava ekonomiziranje sa grijanjem prostorija čime se uštеđuje 10—20% kalorija u odnosu na obične konstrukcije, —

*Sl. 8: Montaža javne zrade*

sa tehničke tačke gledišta zidni panoi izrađeni kao niz gredica od opeke omogućavaju znatno smanjenje armiranog betona.

*Opis pojedinih elemenata*

a) Z i d n i

Postoje dva bitna tipa:

Pano MURCERAM i pano PRECERAM. Prvi se izrađuje od šupljih tijela opeka i spojnih gredica od betona dok su kod drugog spojem gredice prednapregnute.

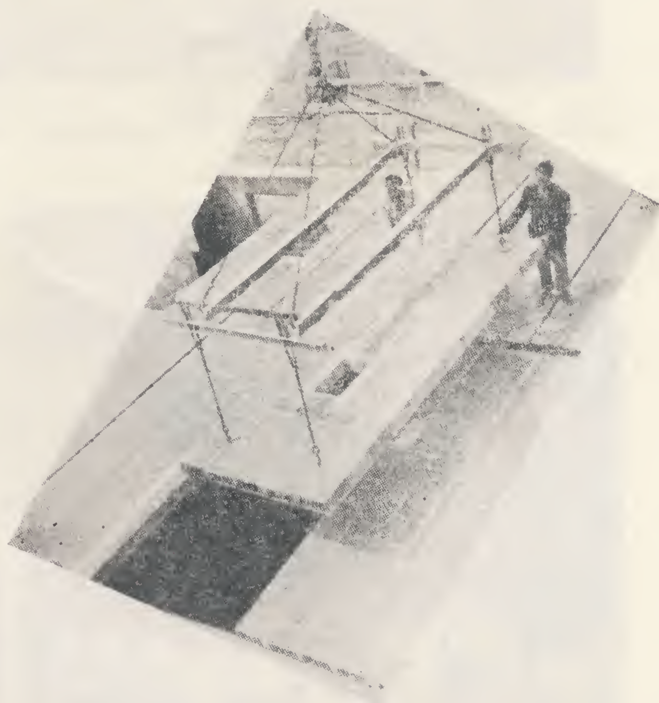
U oba slučaja šuplja tijela od opeke povezane su malim »žilama« od betona u vertikalnom i horizontalnom smjeru.

U pokrajini Lanbarede kod grada Tarbe-a izvodili su se fasadni panoi nosivosti za 12 etaža.

Nakon montaže elemenata postiže se potpuni kontinuitet tijela od pečene gline ako se uzmu u obzir i svi spojevi među elementima.

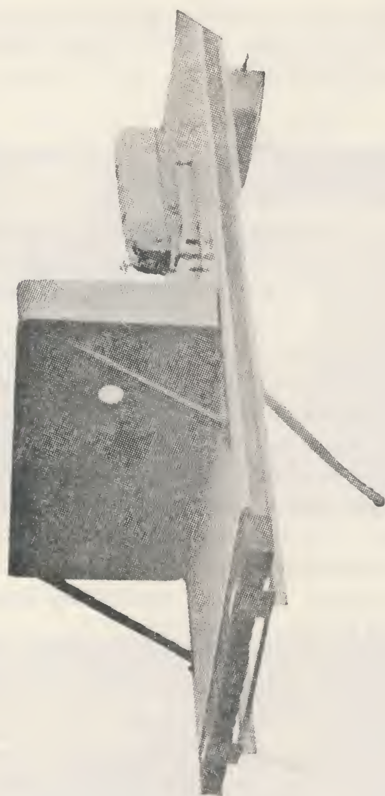
Zidni panoi mogu se upotrebiti kao nosivi ili kao razne grede — pregrade.

b) S t r o p o v i



*Sl. 9: Montaža stropnog panoa*

Stropni panoi također su potpuno prefabricirani u tvornici. Veličine su od 8 do 10 m² površine. Sadrže otvore za provod dimnjaka, namaz od gipsa na stropu i glatke cementne navlake u slučaju plastične bloge ili lijepljenog linoleuma. Glavne i sekundarne grede ovih prefabriciranih stropova od armiranog su betona i specijalno prostudirane da se ne izgubi prednost kontinuiteta. Svi ostali elementi kao serklaži, vijenci itd. također su prefabricirani.



*Sl. 10: Sanitarni blok*

c) Pregrade

Unutarnje pregrade od keramike prefabricirane su i upotrebljavaju se kao panoi visine jedne etaže. Ovi panoi su obostrano ožbukani sa cementom ili gipsom.

Rezerviran je jedan kanal od pečene gline koji služi za prolaz električnih kablova. Ovaj kanal može biti pri vrhu ili pri dnu pregrade.

Specijalni sanitarni pregradni panoi pripremaju se u tvornici. Dozvoljavaju naknadnu ugradu svih naprava.

*Sl. 11: Stubišni krak*

d) Specijalni elementi

Svi specijalni elementi proizvode se u tvornici. Tako npr. stubišni krakovi finalno se obrađuju u tvornici dok radovima na gradilištu preostaje samo montaža i zalijevanje spojeva.

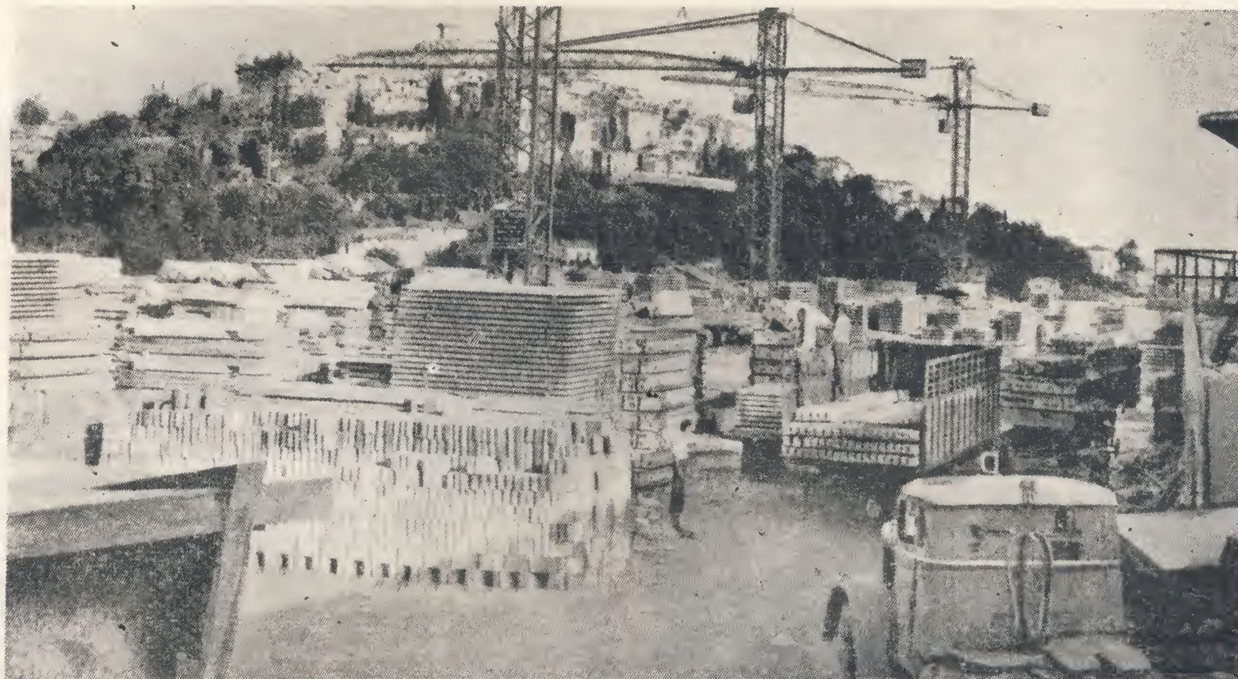
Poduzeće Fiorio posjeduje vlastite specijalne naprave koji omogućavaju brzo i lagano rukovanje te montiranje elemenata.

Sve radne operacije su strogo koordinirane.

Napominjem da prefabrikacija zahtjeva vrlo savjesnu izradu samo što se tiče finalne obrade tako i preciznosti elemenata. Zidni panoi, koji su podvrgnuti znatnom naponu prilikom dizanja ruko-

vanja i transportiranja, moraju biti mnogo otporniji od običnih tradicionalnih — njihovo spajanje zahtjeva preciznost koja je faktor stabilnosti.

Nekoliko tvornica potpune prefabrikacije kapaciteta 3 do 4 stana na dan, koji upotrebljavaju pečenu glinu po sistemu Fiorio rade punim zamahom. Postoji mnoštvo publikacija o izgradnji stanova, školskih zgrada i industrijskih gradnji. Nije na odmet napomenuti da su četiri francuska poduzeća potpune prefabrikacije bili dobitnici Grand Prix na univerzalnoj izložbi u Brislu. Među njima se nalazilo i poduzeće Fiorio kao dobitnik ove velike nagrade.



*Sl. 13: Skladište materijala*

Na koncu želim napomenuti da u našoj zemlji postoje svi uslovi za primjenu šupljih tijela od opeke za izradu elemenata jednog solidnog i ekonomičnog montažnog sistema.

Za to postoji samo jedan uslov, a taj je da se dio ciglarske industrije preorijentira na izradu opisanih šuplji tijela. Prednost usvajanja jednog ovakvog sistema za naše uslove jest i u tome što ne zahtijeva tešku mehanizaciju.

---

Spomenuli smo montažni sistem **»VERAN COSTAMAGNA«.**

Specijalno izrađeni šuplji elementi od pečene gline služe za izradu svih montažnih elemenata ovoga sistema.

Udruženje Veran Costamagna ima svoje sjedište u Cagnes-sur-Mer na južnoj obali Francuske.

Sistem pripada potpunoj prefabrikaciji, a elemente izrađuje u obliku panoa ili blokova (zidovi, stropovi, stubišta, plakari, pregrade itd.).

Ovaj sistem može se primijeniti u cijelosti ili samo pojedini elementi, već prema krakteru poduzeća koje ga želi primijeniti.

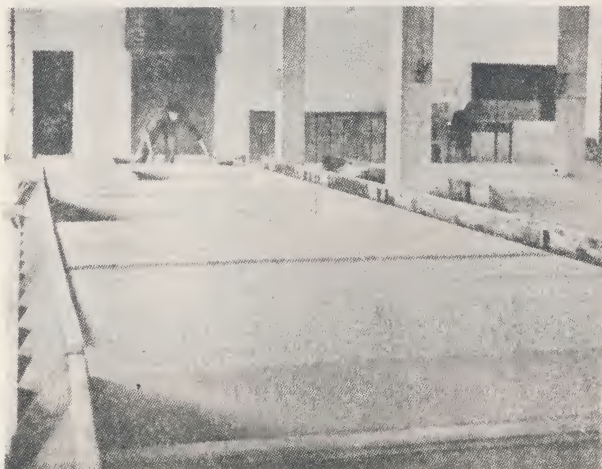
*Sl. 14: Izrada zidnih elemenata*

Nalazi dobru primjenu i osvaja tržište kod velikih poduzeća, koja izgrađuju velika naselja, kao i kod malih poduzetnika, pa i kod izgradnje pojedinačnih vila.

Za svaki dio konstrukcije prostudiran je oblik šupljih tijela koji najbolje odgovaraju traženim uslovima pojedine konstrukcije.

Princip ovog postupka je takav da omogućava izradu pojedinih elemenata na samom gradilištu (zidni panoi).

Spomenute tvornice na jugu Francuske razvile su se na terenu od 6 ha uključivši i prostor za sortiranje elemenata.



*Sl. 15: Finalna ploha obrađena sa granulatom od opeke*

Radne površine su podijeljene kako slijedi:

1. Proizvodnja šupljih elemenata od pečene gline 6.000 m²
2. Pista za prednaprezanje 3.600 m²
3. Atelier za izradu montažnih elemenata panoa 2.400 m²
4. Studije-laboratoriji-biroi-skladišta 1.000 m²

Na ovim površinama dnevno se proizvodi dva do tri stana. Postoji idealna mogućnost za izradu 4.000 m² stropova u jednom danu.

*Sl. 16: Oslobađanje prozornih elemenata sa piste*

*Opis elemenata*

1. Zidni panoi

Za izradu ovih elemenata upotrebljava se specijalna opeka Isoceram.

Koncepcija izrade ove opeke zavisi o karakteru rada i njene upotrebe u sklopu keramika — beton, vertikalnim i horizontalnim spojevima, poboljšanju toplinske izolacije, spojevima među panoima i o mogućnosti dobivanja vertikalnog kostura.

Ovi keramitni elementi sa raznolikošću formata omogućavaju izradu nosivih i nenosivih panoa u raznim debljinama.

2. Stropovi

Tvornica raspolaže sa pistom za prednaprezanje na kojoj se izrađuju stropne gredice.

Gredice su dužine prema zahtjevu gradilišta na kojem se montiraju. Prostor među gredicama ispunjava se šupljim tijelima od specijalno profilirane opeke za tu svrhu. Naknadno se vrši zaravnavajući sloj stropa i postavljanje podne obloge.

Ovaj improvizirani način izrade gredica i šupljih tijela, koji čini polumontažni strop, primjenjuje se kod većih i manjih poduzeća na jugu Francuske. Međutim, ako se radi o izgradnji naselja u serijskoj izgradnji upotrebljavaju se prefabricirane stropne ploče dimenzije 8 m dužine i 2,50 m širine.

*Sl. 17: Izrada stropnih panoa*

Postoje dva tipa ovakvih ploča:

a) Ploče isoceram koje se sastoje od rebara prednapregnutog betona sa ispunom od šupljih glinenih tijela (opeke) specijalnog oblika.

Podgled gredica sastoji se također od posebnog profila opeke tako da se dobije čitav podgled stropa od istog materijala.

Ove ploče, težine 110 kg/m² kompletirane su na gradilištu sa tlačnom pločom debljine 4 cm; spojevi među prefabriciranim pločama zapunjavaju se dakle istovremeno s izvođenjem tlačne ploče.

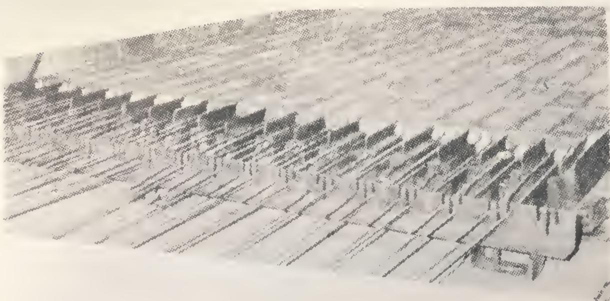
b) Ploče Finidal sastoje se od jedne tanke betonske prednapregnute ploče na koju su postavljena šuplja tijela od opeke između kojih su rebra,

koja se zapunjavaju zajedno sa tlačnom pločom. Podgled ploče je vrlo gladak, a liči se na gradilištu.

3. P r e g r a d e

Postoje dva tipa pregradnih elemenata.

a) Pregrade na bazi keramitnih kutnih elemenata koji odgovaraju najboljim uslovima izrade panoa od 5 do 8 cm debljine. Obje površine su ožbukane, a širina ne prelazi 2 m na visinu etaže.



*Sl. 18: Gredice sistem Rector*

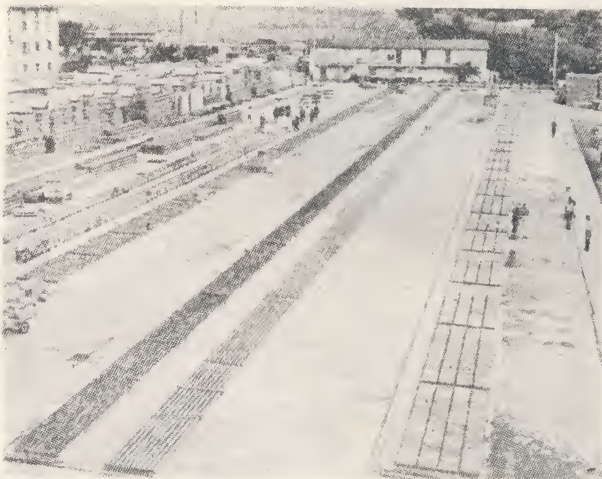
Spojevi među elementima izvode se vrlo dobro zahvaljujući kutnom obliku tijela od opeke koji se upotrebljavaju. Nakon što se postave panoi ovi kutnjaci polože se u most, a zatim se ožbukaju. Na ovaj način postigne se odlična veza među elementima, a keramitni spoj ne dozvoljava nastajanje naprslina.

b) Pregrade velikih dimenzija podvrgnute prednaprezanju od 50 do 60 kg/cm$^2$.

Ove pregrade izvode se na pistama za prednaprezanje, koje se zagrijavaju, da bi se ubrzao proces stvrdnjavanja betona. Beton sadrži u sebi agregat od keramike ili ugrađena šuplja tijela od opeke. Ploče su na obje strane zaglađene, a dimenzije dosižu do 15 m$^2$.

Svaka pregrada izvodi se u jednom komadu čime su izbjegnuti spojevi među pločama.

Pregrada za kupaonicu sadrži mozaik oblogu koja se izvodi prigodom prefabrikacije.



*Sl. 19: Pista za proizvodnju stropnih ploča i gredica*

*Proizvodnja u tvornici*

Zidni elementi proizvode se na ograničenim pistama širine 5 m i dužine 60 m. Na pisti su kalupima razgraničeni prema veličini elementa.

R e d o s l i j e d r a d a

a) Priprema kalupa je pod direktnom kontrolom studijskog biroa.

b) Podloga je predhodno impregnirana sintetskim smolama ili uljem.

c) Stolarije i dijelovi za pričvršćenje postavljaju se na ploču paralelno u samoj pripremi Kalupa.

d) Unutarnja strana zida završava slojem morta od keramike u debljini od 3 cm.

*Sl. 20: Montaža prve etaže*

U slučaju gdje se fasada ne štrca, ukras se može postići direktno na pisti, na primjer da se upotrebi mozaik od kamenine. Unutarnji namaz može se isvesti od gipsa.

e) Opeka Isoceram, koja sačinjava donji sloj, postavlja se na svoje mjesto. Zatim se postavi sloj morta, a na njega drugi sloj opeke.

f) Na koncu se postavlja završni sloj (namaz) koji predstavlja vanjsku stranu panoa.

Ovaj završni sloj može se izvesti na razne načine već prema želji projektanta. Između 12 i 24 sata, već prema slučaju, počima se s oslobađanjem uzdužnih i poprečnih stranica kalupa. Ovo se vrši automatski pomoću pokretnog mosta priređenog za tu svrhu. Sortiranje panoa po vrstama vrlo je jednostavno jer je prema planu unaprijed obilježen svaki pano.

Elementi se dizalicama utovaruju u kamione. Kamioni mogu biti jednostavne platforme, bez specijalne opreme. Elementi se natovare horizontalno, čime se najbolje iskoristi prostor, a ne prekorači se cestovni gabarit.

2. Stropni panoi

Prefabrikacija stropnih panoa zahtijeva također ravnu pistu, koja dozvoljava isporuku gotovih elemenata, a omogućava savršeno ravne površine i varijabilne dimenzije, bez modifikacije opreme.

Prefabrikacija se vrši na pistama za prednaprezanje, koje su brižljivo isplanirane.

Metalne uzdužne vodilice imaju svrhu da odrede širinu i debljinu elementa. Nakon zatezanja željeznih šipki dužine elementa određuju se pomoću metalnih češljeva koji pridržavaju šipke na određenoj udaljenosti. Sloj betona se vibrira da bi se dobio glatki podgled, a na njega se postavljaju šuplja tijela od opeke.

*Sl. 21: Dovršena peterokatnica*

Ubrzavanje otvrdnjavanja betona vrši se posredstvom mreže kanala ugrađenih u elemente. Nakon popuštanja i presijecanja željeza, pločasti elementi odstranjuju se pomoću pokretnog mosta na skladište ili se direktno odvoze na gradilište. Ovi stropni elementi mogu biti ugrađeni tako da formiraju balkon.

*Sl. 22: Tip peterokatnice*

3. Pregrade

Ovi elementi proizvode se također na raznim pistama. Proces izrade isti je kao kod elemenata Finidal ili zidnih panoa već prema prirodi pregrade. Pregradni elementi sadrže i oblogu koja se sastoji od morta s agregatom od keramike. Kutnjaci od opeke služe za što bolju vezu među elementima.

Pregrade, koje se prednaprežu, izvode se na zagrijanim pistama. Gornje površine zaglađuju se mehaničkom gladilicom.

*Montaža na gradilištu*

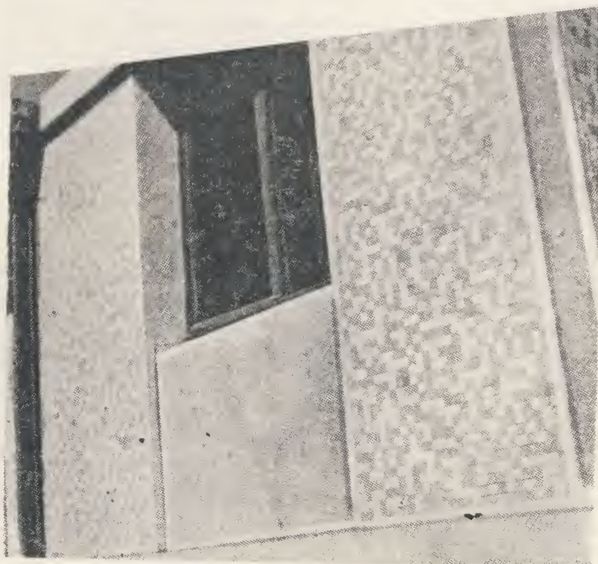
Elementi se dovoze na gradilište najprikladnijim sredstvima. Postavljanje panoa na određeno mjesto vrši se postepeno prema prispjeću elemenata li se vrši uskladištenje pored zgrade.

*Sl. 23: Individualne zgrade*

Elementi su razvrstani i označeni u ateljeu kako ne bi došlo do zabune kod montaže.

Na gradilištu su instalirana sredstva za dizanje elemenata od 1,5 do 2,0 t.

Panoi se postavljaju na temeljno zidje preko jednog sloja morta na koji se postavi jedna vodonepropusna traka. Pričvršćuju se na način koji je vidljiv iz slike. Vijenci se lijevaju na licu mjesta.



*Sl. 24: Obrada fasade*

Nakon montaže vrše se finalni radovi na unutarnjim plohama i spojevima (ličenje, obrada spojeva i postavljanje podne obloge). Pregradne stijene i stubišni krakovi postavljaju se prije stropnih elemenata.

*Zaključak*

— elementi se mogu prilagođavati arhitektonskim koncepcijama,

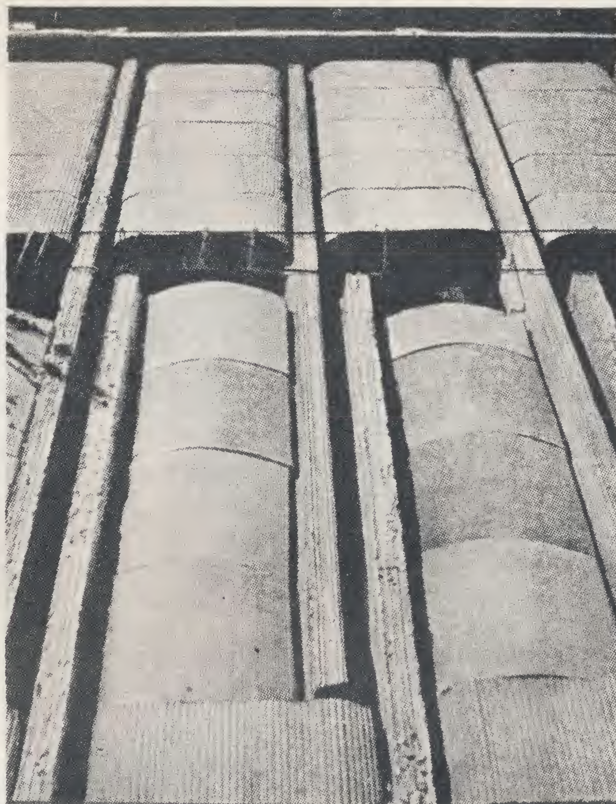
— elementi se mogu prilagoditi opremi poduzeća koje izvode ovakve gradnje jer

— težine elemenata mogu varirati u odnosu na strojeve kojima se podižu.

Prema tome sistem se može primjeniti za individualne kuće, zgrade do 12 etaža sa nosivim elementima i stambene tornjeve sa vertikalnim kosturom.

Prednost mu je što svi panoi imaju vanjsku i unutarnju oblogu. Ove obloge mogu biti od najjednostavnijeg glatkog namaza do specijalnih elemenata (kamenina, mramor, opeka itd.). Po licenci ovog sistema izvodi gradnje 10 poduzeća na teritoriju Francuske, a jedan od njih na teritoriju Alžira.

U toku su pregovori za upotrebu ovog sistema i u zemljama Evropske zajednice.



*Sl. 25: Strop s gredicama, sistem Rector*

## Bibliografija

»DEJSTVO SEIZMIČKIH POTRESA NA GRAĐEVINSKE OBJEKTE I NJIHOV PRORAČUN«

To je naslov stručne publikacije, koju je izdao Institut za naučno-tehničku dokumentaciju u Beogradu (Katanićeva ulica 15).

Sadržaj je publikacije slijedeći: seizmički talasi (period i amplituda oscilacije, seizmička skala); seizmička opterećenja (statička i dinamička metoda proračuna, određivanje vrijednosti seizmičkih sila koje djeluju na objekat); dinamički proračun objekta; konstrukcije za antiseizmičke stambene i industrijske građevine izrađene od fabričkih elemenata (podaci za analizu konstrukcije); ispitivanje kolebanja zgrada pri seizmičkim dejstvima (karakteristike seizmičkih dejstava na zgrade, poprečne oscilacije uslijed savijanja i pomjeranja); približni način određivanja periode oscilacija i oblika elastičnog ugibanja objekta (oscilacije jednospratne, dvospratne i petospratne stambene zgrade, oscilacije vodotornja, dimnjaka od opeke i zgrade pumpne stanice).

Ova će stručna publikacija koristiti našim građevnim organizacijama i stručnim kadrovima.

*R. P.*

NAŠE GRAĐEVINARSTVO, organ Saveza građevinskih inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, God. XVII, brojevi 4—8/1963:

Broj 4:

Riko *Rosman:* O raspodeli horizontalnog opterećenja među zidovima i okvirima u visokogradnji. — Sreten *Miovčić:* Prilog dimenzioniranju drvenih veza izvedenih pomoću čeličnih obraza. — Slobodan *Kontić:* Analiza tačnosti računanja i obeležavanja krivinskih elemenata.

Broj 5:

Miloš *Jarić:* Usklađivanje kapaciteta u građevinarstvu. — Dušan *Milošević:* Građenje hidrocentrale »Bajina Bašta« u Perućcu, I. — Velibor *Trebinjac:* Oblikovanje i predimenzionisanje prednapregnutih nosača. — Lične vesti.

Broj 6:

Dušan *Milošević:* Građenje hidrocentrale »Bajina Bašta« u Perućcu, II. — Dušan *Krajčinović:* Rešenje problema savijanja pravougaonih ploča putem ortogonalnih funkcija transverzalnih oscilacija grede. — Jernej *Jelenić:* Realizacija građenja putem šireg uvođenja plastičnih masa. — Društvene vesti. — Stručne knjige i časopisi.

Broj 7:

Dušan *Milošević:* Građenje hidrocentrale »Bajina Bašta« u Perućcu, III. — Julije *Hahamović:* Drvo u građevinarstvu. — *Peteln, Lukić, Jančiković i Röthl:* Građevinska mehanizacija i njeni problemi.

Broj 8:

Hasan *Šiljak:* Stanje građevinarstva i naši zadaci. — Branko *Žeželj:* Naučnoistraživački rad i njegova uloga u razvoju građevinarstva. — Dušan *Milovanović:* Aktuelni problemi hidrotehničkih konstrukcija i budući rad na njihovom razvoju. — Lilijan *Kodelja:* Problemi kadrova u građevinarstvu.

GRADBENI VESTNIK, šasopis Saveza građevnih inženjera i tehničara Slovenije, Ljubljana, God. XII, brojevi 1—7/1963:

Broj 1:

Ing. Ferdo *Janežić:* Betoniranje brane Kokin Brod. — Prof. ing. Svetko *Lapajne:* Csonkova metoda. — Ing. Sergej *Bubnov:* značenje francuskih propisa za prednapeti beton i primjena tih propisa u njemačkim i našim propisima. —: Hotel »Lev« u izgradnji.

Broj 2:

Ing. Anton *Stergaršek:* Elektrifikacija Drave. — *Hvastja* i *Mušič:* Most preko Drave u Podvelki — projekt i izvedba. —: Gradnja hotela »Slavija« u Mariboru. —: Nešto o demostracionim gradilištima. — Anton *Budna:* Problemi stručnog obrazovanja u mariborskim građevnim poduzećima. — Dragan *Raič:* Tehnička kontrola investicione tehniške dokumentacije. — Ing. Dušan *Legiša:* 25 godina Vodogradbenog laboratorija u Ljubljani.

Broj 3:

Ing. I. *Majdič:* Metode dimenzioniranja (cestovnih) vozila. — A. *Grimšičar:* Inženjersko geološki problemi pri gradnji. —: Republički zakon o izgradnji investicionih objekata; Propisi za organizacije koje izrađuju investiciono tehničku dokumentaciju. —: Metode mjerenja vlage u zidu.

Broj 4:

Ing. Ernest *Udovč:* Naše iskustvo u dosadašnjem asfaltiranju cesta. — Ing. Maks *Puh:* Komprimiranje zemljanog materijala i kontrola mjerenja. — Ing. Marjan *Škerbinc:* Program saobraćajne mreže u Mariboru. — Ing. Josip *Didek:* Izgradnja međunarodnog civilnog uzletišta u blizini Ljubljane.

Broj 5:

—: Savjetovanje o mehanizaciji u građevinarstvu. — Inž. Vladimir *Čadež:* Mehanizacija i porast produktivnosti u građevinarstvu. — Inž. Božo *Röthl:* Studijsko ispitivanje rada u području građevne mehanizacije. — Tone *Martinšek:* Problematika horizontalnog transporta u građevinarstvu. — Ing. Ferdo *Janežič:* Asfaltni strojevi. — Ing. Franc *Marinčič:* Mehanizacija (drobilna) u građevinarstvu.

Broj 6—7:

Ing. Vladimir *Čadež:* Stambena izgradnja u Sloveniji i perspektive njenog razvoja. — Franc *Rupret:* Ekonomski aspekti projektiranja stanova. — Arh. France *Ivanšek:* Projektiranje stanova. — Ing. arh. Blaž *Vogelnik:* Prilog problemu proračunavanja skeleta. — Ing. Franc *Röthel:* Problemi i tipizacija vertikalnog transporta u građevinarstvu. — D. R.: Projektiranje u stambenim zadrugama; Novi propisi i stambena izgradnja. — Bogdan *Melihar:* Gradnja stanova za prodaju.

CESTE i MOSTOVI, Zagreb, God. XI, broj 1—6/1963:

Broj 1—2:

Miroslav *Švigir* i Josip *Matečić:* Granbit, gotova asfaltna masa u hladnom stanju. — Doc. Ing. Isak *Papo:* Upoređenje nekih ugljovodičnih veziva sa gledišta izrade zastora. — Ing. Predrag *Braunović:* Stabilizacija tla katranom u Njemačkoj i Austriji s osvrtom na mogućnost primjene u našoj zemlji. — Ing. Advan *Dizdarević:* Analiza primjene sulfitne lužine za kemijsku stabilizaciju tla. — Ervin *Majetić:* Mjesec dana sigurnosti saobraćaja. — Đorđe *Stojanović:* Služba informacija o stanju i prolaznosti puteva. — Milan *Šporčić:* Protustrujna miješalica i naprava za doziranje. — Dr ing. Vasa *Popović:* Doziranje vezivnog sredstva u asfalt-betonske zastore.

Broj 3—4:

Ervin *Majetić:* Saobraćajni znakovi — faktor sigurnosti. — Ing. Marko *Kravarušić:* Elementi optičkog vođenja saobraćaja na ulicama i putevima. — Ervin *Majetić:* Štete na cestama uslijed smrzavica u Hrvatskoj. — Ing. Advan *Dizdarević:* Zaštita hidrograđevinskih radnika od kesonske bolesti. — Milan *Šporčić:* Enciklopedija građevinskih strojeva. —: Zaključci i preporuke Prvog jugoslavenskog savjetovanja o sigurnosti saobraćaja. — Ing. Zvonko *Gostl:* Mala izmjena u projektu zagrebačkog željezničkog čvora. Milan *Šporčić:* Mostogradnja u djelima prvih hrvatskih statičara.

Broj 5—6:

—: Privremeni tehnički uslovi za izradu cesta. Prof. ing. Živorad *Đukić:* Građenje savremenih puteva. — Josip *Bušelić:* Izvedba cementom stabilizirane podloge u Finskoj. — Ing. Branko *Bjelogrlić:* Jedan od problema ekonomike transporta. — Milan *Šporčić:* Likovi naših tehničara.